

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ



Margit Žaloudková

**Sledování pórovitosti C-C kompozitů v procesu přípravy
obrazovou analýzou v korelaci s jejich mechanickými
vlastnostmi**

AUTOREFERÁT DISERTAČNÍ PRÁCE

Název disertační práce: **Sledování pórovitosti C-C kompozitů v procesu přípravy obrazovou analýzou v korelaci s jejich mechanickými vlastnostmi**

Autor: **Margit Žaloudková**

Obor doktorského studia: **textilní materiálové inženýrství**

Forma studia: **kombinovaná**

Školící pracoviště: **TUL, Katedra textilních materiálů**

Školitel: **doc. Ing. Bohumila Košková, CSc.**

Školitel specialista: **Ing. Zuzana Weishauptová, DrSc.**

Liberec 2006

116047

Technická univerzita
Liberec
Univerzitní knihovna
Mironězská 36, Liberec
PSČ 461 17

1 Předmět a cíl práce

Kompozity uhlík-uhlík (C-C) sestávají z uhlíkových vláken a uhlíkové matrice; tedy jejich složky jsou na bázi jednoho prvku. Navzdory tomu, vlastnosti tohoto druhu kompozitů jsou velmi rozmanité a závisí nejen na druhu uhlíkových vláken, ale i na typu výztuže, jejím objemovému podílu, ale také na druhu prekurzoru matrice a především na podmínkách přípravy těchto kompozitů [2]. Ta je poměrně složitá, převážně mnohastupňová a je v zájmu každého výrobce či výzkumného pracovníka ověřovat výsledek každého kroku přípravy těchto materiálů. Kvalita kompozitů úzce souvisí s jejich pórovitostí, která ovlivňuje jeho další požadované vlastnosti. Systém pórů a trhlin v kompozitu má z hlediska výroby a podle následného použití kompozitů své výhody i nevýhody, otevřené póry například umožňují vhodnou reakci jejich povrchu s buňkami v případě využití kompozitu jako biomateriálu [18]. Otevřené póry a trhliny je možné dále impregnovat. Zásadní problém nastává u tzv. delaminačních trhlin na styčných plochách jednotlivých vrstev použité textilie, které mohou být rozsáhlé a vést k úplnému rozpadnutí kompozitu i při minimálním zatížení.

Cílem této práce je ověřit možnost použití obrazové analýzy nejen ke kontrole postupných kroků přípravy kompozitních materiálů uhlík-uhlík ale zejména k hlubšímu objasnění vztahu mezi strukturou a mechanickými vlastnostmi těchto kompozitů. Tato práce má za úkol detailně rozpracovat stanovení pórovitosti C-C kompozitu metodou obrazové analýzy, a to po každém jednotlivém kroku přípravy. Korelace stanovených pórovitostí s mechanickými vlastnostmi by měla ověřit úzkou souvislost mezi mechanickými vlastnostmi C-C kompozitů a složitým systémem pórů a trhlin v tomto materiálu.

Obrazová analýza prochází neustálým vývojem a zaměřuje se zejména na vytváření obecně použitelných algoritmů, zvyšování rychlosti zpracování obrazu a zautomatizování zpracování velkého množství dat, které zdokonaluje statistickou spolehlivost měření [1]. Žádný z těchto algoritmů však doposud neřeší specifickou problematiku složitého porézního systému C-C kompozitů.

2 Přehled současného stavu řešené problematiky

V současné době jsou pro stanovení pórovitosti C-C kompozitů používány metody fyzikálně-chemické, které vycházejí ze stanovení skutečné a zdánlivé hustoty porézního materiálu. Skutečná hustota se stanovuje pyknometricky, kdy penetračním médiem mohou být jak pyknometrické plyny, tak kapaliny. Zdánlivá hustota se stanovuje pomocí rtuťové pyknometrie. Další možností je velmi náročná, a proto zřídka používaná metoda stereometrického stanovení, založená na přímém geometrickém proměření dokonale pravidelného tělesa.

Při přípravě C-C kompozitů je v současné době standardně používána metoda stanovení pórovitosti dle ASTM C20-87, kde je penetračním médiem voda [50].

Z přehledu metodiky vyplývá, že doposud používané metody závisí na schopnosti penetračního média proniknout do složitého systému pórů a trhlin v kompozitu, čímž jsou, kromě dalších omezení, z měření zcela vyloučeny uzavřené póry a trhliny. Tato práce si proto klade za cíl tuto mezeru doplnit přípravou metody přímého měření pórovitosti pomocí světelné mikroskopie, kde značně zjednodušení práce a zdokonalení měření přináší obrazová analýza.

Detailním kvalitativním popisem typů trhlin a dutin 2D kompozitu a jejich kvantitativním vyhodnocením pomocí obrazové analýzy se zabývali například Gao et al. [39, 40], kteří ve své studii rozdělili vady ve 2D kompozitu do čtyř základních skupin podle toho, mezi jakými úrovněmi (stavebními jednotkami kompozitu) se nacházejí a podle jejich velikosti a orientace. Jsou to trhliny mezi vrstvami a trhliny mezi svazky, které jsou

orientovány v rovině nebo kolmo k jednotlivým vrstvám prepregu; a trhliny ve vláknách a póry uvnitř vláken, které jsou popsány jako vady materiálu [39, 40].

U kompozitů na bázi pryskyřic a smol dochází při přípravě ke vzniku pórů všech velikostí v důsledku unikání pyrolytických plynů, zejména kyslíku a vodíku jako vedlejších produktů při karbonizaci prekurzoru matrice [8]. Jortner ve své práci [28] označuje tyto póry jako „bubble pores“. Rozsáhlý systém trhlín v kompozitu je způsoben různou tepelnou roztažností uhlíkových vláken a matrice a velkou pyrolyzní ztrátou hmoty matrice při karbonizaci [29]. Trhliny v kompozitu vznikají jak při zahřívání tak při chlazení produktu.

3 Použití metody

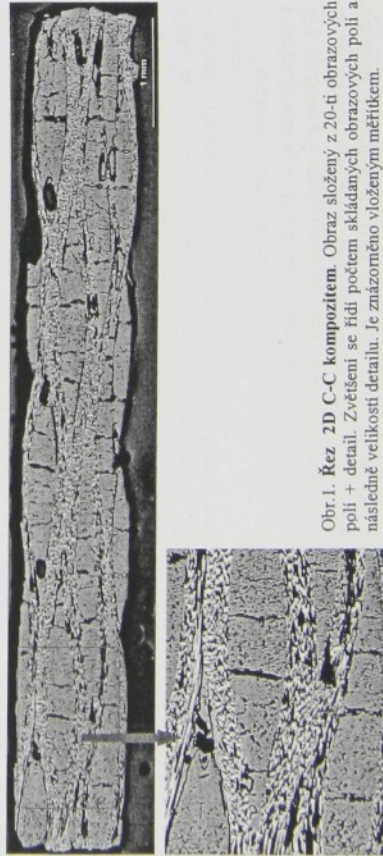
Tato práce se zaměřuje zejména na kvantitativní stanovení pórovitosti C-C kompozitů po jednotlivých krocích přípravy. Detailně popisuje přípravu kompozitů a mechanismus vzniku trhlín a pórů při zpracování. Metoda obrazové analýzy co do rozsahu měření není jako jediná omezená použitým penetračním médiem používaným v ostatních metodách. Umožňuje na řezu materiálem změřit veškerou pórovitost, jak otevřenou, tak uzavřenou a zastoupení pórů a trhlín ve velikostních třídách [38].

3.1 Obrazová analýza

Metoda obrazové analýzy spočívá v sejmnutí obrazu a jeho převedení do digitální podoby a následné analýze. Optický systém, v tomto případě mikroskop s kamerou, sejme optický signál, který je pomocí CCD sensoru transformován na elektrický, a tento analogový signál je převeden pomocí video-digitizéru do podoby digitálního obrazu, který je dále zpracováván a následně analyzován. Na výstupu poskytuje výsledky v podobě dat a nebo v podobě názorného zobrazení, kterým je zpracování naměřených hodnot do grafu [45].

Metodika klasifikace a měření byla zpracována na vzorcích průmyslově vyráběného kompozitu SIGRABOND CC 1501 D, teplota karbonizace do 1000°C, německé firmy Sigrí Great Lakes Carbon GmbH, D86400 Meitingen s dvaceti vrstvami výztuže z textilie tkané z pramenů vysokomodulových uhlíkových vláken.

2D C-C kompozity pro analýzu byly připraveny v laboratořích ÚSMH AV ČR klasickou prepregovou technologií z textilní výztuže Cramer z komerčních uhlíkových vláken TORAYCA T800H (Toray Industries Inc., Japonsko) v plátnové vazbě a matrice z fenolformaldehydové pryskyřice UMAFORM LE (SYNPO, Česká republika) [8]. Nábrusy pro snímání obrazů byly pořízeny standardní technikou. Obraz řezu C-C kompozitem pořízený pomocí mikroskopu a obrazového analyzátoru Lucia v celkovém pohledu a v detailu znázorňuje obr. 1.



Obr. 1. Řez 2D C-C kompozitem. Obraz složený z 20-ti obrazových polí + detail. Zvětšení se řídí počtem skládaných obrazových polí a následně velikostí detailu. Je znázorněno vložení měřítkem.

Byly proměřeny kompozity po jednotlivých krocích přípravy, které jsou stručně popsány v tabulce 1, spolu označením vzorků zavedeným v této disertační práci.

Tabulka 1. Označení a popis vzorků

| Označení | Popis |
|----------|---|
| P | Výtvřený vzorek |
| C1 | Vzorek po 1. karbonizaci |
| I1C2 | Vzorek po 1. opakované impregnaci a 2. karbonizaci |
| I2C3 | Vzorek po 2. opakované impregnaci a 3. karbonizaci |
| I3C4 | Vzorek po 3. opakované impregnaci a 4. karbonizaci |
| I3C4G | Vzorek po 3. opakované impregnaci, 4. karbonizaci a grafitizaci |
| I3C4GPyC | Vzorek po 3. opakované impregnaci, 4. karbonizaci a grafitizaci, pokrytý pyrolytickým uhlíkem |

Pro obsazení celého systému pórů a trhlín od nejmenších až po největší bylo nutné rozdělit měření do čtyř intervalů s použitím různých zvětšení, a to dle velikosti měřených dutin. Tyto intervaly spolu s počty měření jsou popsány v tabulce 2.

Tabulka 2. Rozdělení dutin pro měření v použitých zvětšeních

| Plocha dutiny [μm^2] | (0,37 – 10) | (10 – 200) | (200 – 50.000) | (50.000, ∞) |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-----------------|
| Použitý objektiv | 100x | 20x | 5x | 5x |
| Celkové zvětšení | 1000x | 200x | 50x | Skládané obrazy |
| Nejmenší měřitelný detail | 0,37 μm | 1,53 μm | 6,1 μm | - |
| Počet měřených polí na nábrusu | 50 | 20 | 5 | 1 |
| Počet nábrusů jednoho vzorku | 4 | 4 | 6 | 4 |
| Celkový počet měření na vzorku | 200 | 80 | 30 | 4 |

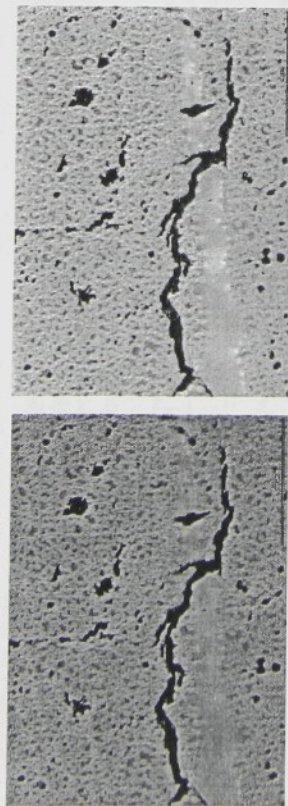
Pro zachování standardních podmínek snímání obrazů byl sestaven interaktivní inicializační makroprogram, který vede uživatele jednotlivými kroky. Nejprve je kontrolováno nastavení kamery, následně je pomocí sond intenzity zelené složky obrazu upraveno nastavení aperturní clony mikroskopu. Intenzita zelené složky obrazu je měřena na třech kruhových sondách vynesných libovolně v obraze, program vypočte průměrnou hodnotu intenzity zelené složky obrazu, výsledek je u správného seřízení mikroskopu v rozmezí 210 – 215. Pokud tomu tak není, vyzve program uživatele k upravení clony mikroskopu.

Pro každý materiál v každém jednotlivém zvětšení muselo být sestaveno vlastní inicializační makro pro maximální odlišení dutin v kompozitu. Jako nejvhodnější byl zvolen obraz v odraženém polarizovaném světle, v němž dutiny výrazně kontrastují s pozadím, tj. v tomto případě s vláknou a matricí. V inicializačním makru je možné současně provést nastavení příznaků měření (měřených vlastností), měřicího rámce, masky a restrikčních kritérií. To je však vhodné pouze v případě, kdy je inicializační makro přímo součástí makroprogramu pro měření a po sejmnutí každého obrazu dochází přímo k jeho proměření. Vzhledem k rozsahu vlastního měření, byly v tomto případě snímky nejprve nasnímány a následně analyzovány. Inicializační makro pro snímání obrázků bylo použito samostatně.

Pro snímání obrazů byl k dispozici objektív s nejmenším zvětšením 5x, se kterým nebylo možné sejmuti nábrus kompozitu jako celek. Z měření by tak byly vyloučeny velké delaminační trhliny procházející po celé délce nábrusu a velké dutiny nedostatečně prosvícené matricí. Systém LUCIA 4.60 umožňuje skládání obrazů z více záběrů. Celý nábrus je po

jednotlivých obrazových polích nasnímán s objektivem 5x a složen, v tomto případě až z 38 obrazů. Analýza dutin souměřitelných s velikostí jedné vrstvy kompozitu je prováděna přímo v tomto obraze, popř. v jeho jednotlivých navazujících sekcích.

Další transformace obrazu a jeho proměření bylo zpracováno do hlavního makroprogramu pro měření porovitosti. Obraz byl nejprve převeden do odstínů šedé. Sedé obrazů jsou speciálními případy barevných obrazů, jedná se o obrázky odvozené. Hodnoty obrazových bodů (pixelů) šedého obrazu se mění od 0 do 255, jsou však stejné pro všechny tři složky v každém obrazovém bodu. Původnímu obrazu u všech sledovaných materiálů nejlépe odpovídala transformace separací jedné z barevných složek obrazu. Dalším krokem bylo zvýšení kontrastu pomocí lineární bodové transformace obrazu. Separace jednotlivých složek obrazu a zvýšení kontrastu je u jednotlivých materiálů a zvětšení různé vzhledem k odlišnosti materiálů jako takových a vzhledem k rozdílným optickým podmínkám pro snímání nastaveným jednotlivými inicializačními makry. Obrazy v odstínech šedé byly dále převedeny do binární podoby – segmentovaného obrazu. Segmentované neboli binární obrazy mají jen dvě možné hodnoty, 0 pro pozadí a maximální hodnotu 255 pro objekty a struktury [46]. Výsledkem naprahování je tedy „dvoubarevný obraz“ kde jsou na pozadí vláken a matrice znázorněny dutiny v kompozitu, viz obr. 2.



Obr. 2. Obraz grafitizovaného C-C kompozitu sejmутý kamerou a obraz v odstínech šedé po naprahování

Matrice i vlákna kompozitu vykazují vysokou optickou odrazivost, jak dokumentuje tabulka 3., světlejší uhlíková vlákna a uhlíková matrice jsou v obraze poměrně snadno odlišitelné od tmavých pórů a trhlin. K přesnému vykreslení dutin přispívají i již dříve provedené úpravy obrazu – vytažení jedné z barevných složek a zvýšení kontrastu. Výsledný překryvvý obraz odpovídá vyobrazení dutin v původním zdrojovém obraze.

Tabulka 3. Optická odrazivost R vláken a matrice v C-C kompozitech stanovená podle ČSN ISO 7404-5

| VI.T 800 | Vytvrzený kompozit | | C-C karbonizovaný | | C-C grafitizovaný | |
|----------|--------------------|------------|-------------------|-----------|-------------------|------------|
| | vlákna | matrice | vlákna | matrice | vlákna | matrice |
| R [%] | 4,02 ±0,16 | 1,42 ±0,14 | 5,35 ±0,23 | 4,46±0,36 | 4,24±0,11 | 4,82 ±0,24 |

V některých mezních situacích, například při okrajích nábrusu nebo v případě výskytu velkých trhlin nedojde k dokonalému překrytí segmentovaného a původního obrazu. Tuto skutečnost je v daném případě nutné posoudit subjektivně porovnáním původního obrazu s binárním pomocí nedestruktivního překrytí obou obrazů. Po posouzení následuje úprava a zpracování binárního obrazu pomocí morfologických operací, které jsou součástí systému Lucia 4.60.

Pro měření charakteristik dutin v kompozitu byly pro další zpracování předvoleny příznaky popisující zastoupení dutin co do velikosti a z hlediska případného rozlišení pórů a trhlin i co do tvaru měřených útvarů. Póry jsou z hlediska tvaru přednostně eliptické až kruhové, kdežto trhliny ve všech velikostních třídách jsou protáhlé. Tento faktor by bylo možné využít v nastavení restričních kritérií minimální kruhovosti nebo elongace měřených útvarů.

Měření v binárním obraze bylo provedeno automaticky, na aktuálním binárním obraze byl změněn soubor nadeřinovaných příznaků, a to pouze na objektech, jejichž velikost odpovídá nastavenému restričnímu kritériu, viz tab. 2. Naměřená data byla postupně automaticky ukládána do předem připravených souborů v programu Microsoft Excel, spolu se základní statistikou vytvořenou programem Lucia.

Po seřazení dle použitých zvětšení byly hodnoty plochy dutin rozděleny do ekvidistantních tříd. Četnost dutin v jednotlivých velikostních třídách byla vztažena k celkové proměřené ploše pro každé zvětšení. Výsledkem je četnost dutin dané velikostní třídy na μm^2 a jejich plošný podíl, resp. porovitost.

3.2 Mechanické vlastnosti

Mechanické vlastnosti zkoumaných vzorků byly měřeny metodou rezonančních frekvencí běžně používanou v ÚSMH AV ČR [49]. Z rezonančního spektra podélných kmitů ortotropního deskového pásu je určován podélný modul v tahu, Poissonova konstanta a případně příčný modul v tahu. Z rezonančního spektra příčných kmitů je potom možno získat smykový modul. Přednostmi této metody jsou především vysoká přesnost získaných výsledků, experimentálně snadné a poměrně rychlé určení rezonančních frekvencí, jednodušost a relativně nízká pořizovací cena měřicího zařízení. Tato metoda je zcela nedestruktivní, což ji předurčuje pro použití při vývoji nákladných materiálů [49].

Měření rezonančních frekvencí mechanických kmitů vzorků byla provedena na přístroji Erudite (resonant frequency tester) CNS Electronics Ltd., London, UK. Na budící elektrodu je přivedeno střídavé napětí harmonického průběhu s amplitudou 400 V o požadované budící frekvenci 10 Hz až 100 kHz. Na elektricky vodivý vzorek, který je uzemněn, působí elektrostatičká síla vyvolaná tímto napětím. Tato síla potom budí mechanické kmity. Elektrodynamické poměry na kontaktu vzorku s elektrodou jsou obdobné jako na kondenzátoru a při střídavém napětí vzorkem protéká elektrický proud. To umožňuje snímání signálů mechanických kmitů vzorku na stejném principu jako buzení.

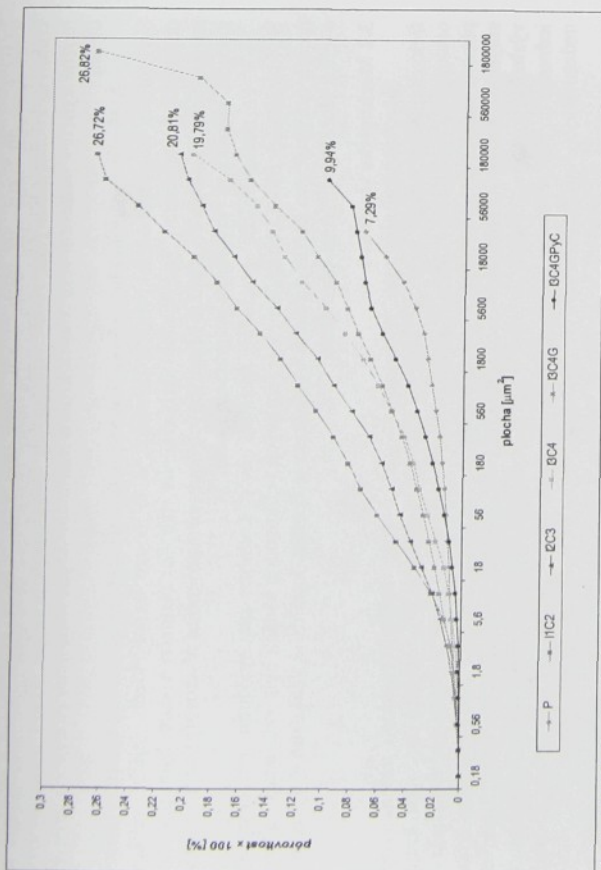
Mechanická pevnost studovaných materiálů byla měřena v třibodovém ohybu při rozpětí podpěr 40 mm. Pro tento experiment bylo použito zařízení Inspekt 50 kN (fy. Hegewald & Peschke, SRN) se siloměrem 5 kN [49].

4 Přehled dosažených výsledků

Omezený rozsah tezí nedovoluje hodnotit a diskutovat všechny dosažené nové výsledky popsané systémem grafit, který dokumentuje vývoj četnosti pórů a trhlin v jednotlivých velikostních třídách po postupných krocích přípravy sledovaného kompozitu. Příběhy porovitosti jednotlivých výrobních kroků C-C kompozitu byly společně zakresleny do souhrnného grafitu obr. 3. Stupeň po první karbonizaci C1 není v grafitu uveden, jelikož kompozit po 1. karbonizaci se ukázal pro měření metodou obrazové analýzy nepoužitelný. Po tepelném zpracování došlo k velkému hmotnostnímu úbytku matrice, a v kompozitu jsou rozsáhlé trhliny všech velikostí. Nebyly měřeny ani mechanické vlastnosti tohoto kompozitu vzhledem k nedostatečné soudržnosti trámů určených pro měření.

Ze srovnání výsledků vykazujících pokles porovitosti ve všech krocích opakované impregnace a karbonizace dochází k postupnému zaplňování pórů a trhlin matricí. Zastoupení dutin v jednotlivých velikostních třídách s dalšími kroky impregnace a karbonizace postupně

klesá. Obecně je četnost dutin v nejmenších velikostních třídách nejvyšší, avšak tyto drobné dutiny se na celkové stanovené pórovitosti kompozitu výrazně neprojevují.



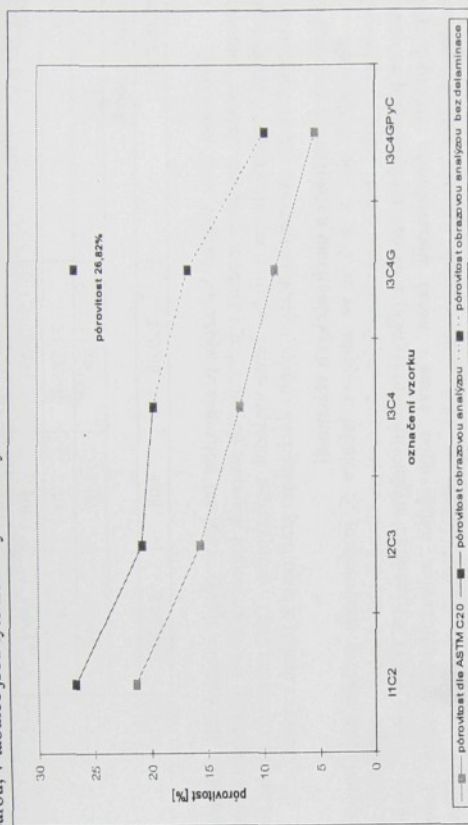
Obr. 3. Přehled pórovitosti měřených obrazových analýzou

Pórovitost vzorků výrazně klesá až do fáze tříkrát karbonizovaného C-C kompozitu. Zde byla hodnota pórovitosti stanovena na 20,81%. Pokles pórovitosti po čtvrté karbonizaci již není výrazný, klesá pouze na 19,79%. Porovnání celkové pórovitosti a průběhu kumulativní křivky pórovitosti kompozitů I2C3 a I3C4 dokazuje minimální vliv 3. impregnace a 4. karbonizace na pórovitost kompozitu. Po 4. karbonizaci však dochází k dvojnásobnému zvýšení podílu velkých dutin měřitelných pouze ve skládaném obraze. Začíná se projevovat výrobní vada a počínající delaminace. Při skládání kompozitu v prvním kroku přípravy pravděpodobně došlo k přesycení materiálu prekurzorem matrice. Jednotlivé vrstvy po té po sobě při lisování sklouzly a došlo ke vzniku „kapes“, ve kterých byla pouze matrice. Vzhledem ke značné objemové změně matrice při pyrolýze (tzn. objemovému smrštění okolo 40% [12, 16]), způsobenému jak pyrolyzní ztrátou vlastní hmoty, tak zvýšením objemové hmotnosti při pyrolýze) došlo v místech přesycení ke vzniku velkých dutin. Vzniklé dutiny zůstaly částečně uzavřené dalšími impregnacím a vedly k selhání kompozitu po grafitizaci.

U grafitizovaného kompozitu došlo v místě přesycení k delaminaci některých vzorků. Při pokusu o pokryv a infiltraci pyrolytickým uhlíkem v následujícím kroku přípravy vzorek delaminoval. Byl použit vzorek z jiné řady připravený stejným postupem, který byl pokryt pyrolytickým uhlíkem a byla na něm změřena pórovitost a mechanické vlastnosti. Hodnoty stanovené na tomto vzorku I3C4GPc odpovídají hodnotám předpokládaným u vzorků pokrytých pyrolytickým uhlíkem. Pyrolytický uhlík zcela zaplňuje menší otevřené póry a trhliny do okamžiku uzavření ústí těchto dutin postupným ukládáním PyC. Větší otevřené dutiny jsou po infiltraci zaplněny částečně.

4.1 Porovnání s hodnotami pórovitosti dle ASTM C20

V následujícím grafu obr. 4. a tabulce 4. je provedeno porovnání hodnot pórovitosti vzorků metodou obrazové analýzy a dle normy ASTM C20. Hodnoty pórovitosti dodatečně připraveného vzorku pokrytého pyrolytickým uhlíkem jsou v grafu zobrazeny přerušovanou čarou, v tabulce jsou tyto hodnoty uvedeny odděleně.



Obr. 4. Hodnoty pórovitosti podle obrazové analýzy a ASTM C20

Hodnota pórovitosti u všech kroků přípravy C-C kompozitu metodou obrazové analýzy je dle předpokladů vyšší, neboť se stanoví celková hodnota pórovitosti (uzavřená i otevřená pórovitost), metodou ASTM C20 se stanoví pouze pórovitost otevřená.

Tabulka 4. Hodnoty pórovitosti obrazovou analýzou a dle ASTM C20

| Vlastnost / Vzorek | P | CI | IIC2 | I2C3 | IC4 | IC4G | I3C4GPc |
|-----------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| Pórovitost obrazovou analýzou [%] | 7,29 | 26,72 | 20,81 | 19,79 | 26,82 | | 9,94 |
| Pórovitost ASTM C20 [%] | 5,41 | 27,4 | 21,34 | 15,7 | 12,18 | 9,04 | 5,43 |
| Rozdíl [%] | 1,88 | | 5,38 | 5,11 | 7,61 | 17,78 | 4,51 |

Z porovnání rostoucího rozdílu hodnot pórovitosti naměřených oběma metodami u čtyřikrát karbonizovaného vzorku (7,61 %) a grafitizovaného vzorku (17,78%) vyplývá, že při měření pórovitosti dle ASTM C20 se počínající delaminace vzorků neprojevila, hodnota pórovitosti stanovená touto metodou po grafitizaci klesá a kompozit je možno považovat za strukturálně ideální. Následnou delaminaci při pokryvu pyrolytickým uhlíkem pak není možné vysvětlit.

Stanovení pórovitosti dle normy ASTM C20 vychází z vážení vzorků suchých, vzorků ponořených do vroucí vody a vzorků po vyjmutí. Před vážením po vyjmutí z vroucí vody jsou vzorky zlehka otírány vlhkou bavlněnou tkaninou [50]. Při tomto otírání pravděpodobně došlo k odsátí vody z velkých delaminačních trhlin v grafitizovaném kompozitu a jejich zastoupení se na pórovitosti změřené dle ASTM C20 neprojevilo.

4.2 Mechanické vlastnosti

Na vzorcích kompozitu byly po jednotlivých krocích přípravy měřeny mechanické vlastnosti. Byl měřen Youngův modul E , smykový modul G a pevnost v ohybu R_m .

Mechanické vlastnosti byly měřeny v sérii vzorků počínaje vzorkem po druhé karbonizaci. Hodnoty vzorku s pokryvem pyrolytickým uhlíkem jsou v tabulce uvedeny odděleně.

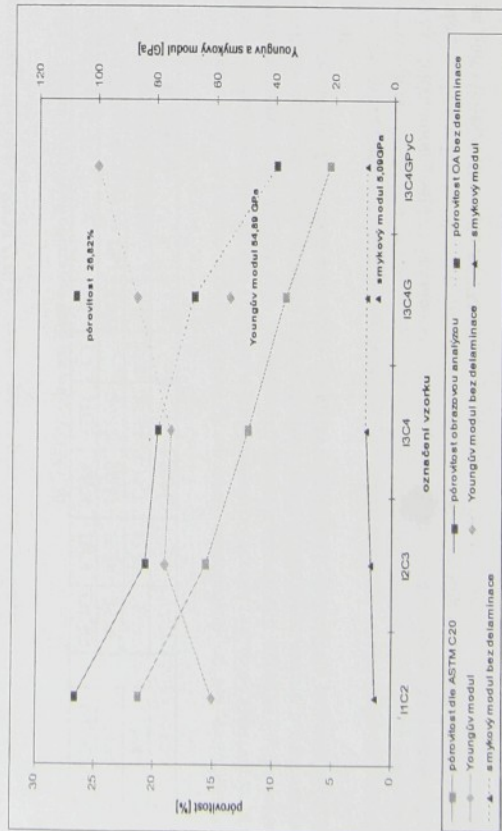
Tabulka 5. Mechanické vlastnosti analyzované série vzorků

| Vzorek / Vlastnost | E [GPa] | G [GPa] | Rm [MPa] |
|--------------------|---------|---------|----------|
| I1C2 | 60,3 | 5,36 | 93,94 |
| I2C3 | 76,47 | 6,89 | 109,34 |
| I3C4 | 74,58 | 8,70 | 84,56 |
| I3C4G | 54,89 | 5,09 | 76,68 |
| Náhradní vzorek | | | |
| I3C4GPyC | 100,08 | 9,08 | 244,25 |

Středovaná série vzorků vykazuje očekávanou tendenci vývoje elastických konstant (Youngův modul, smykový modul) v jednotlivých stupních impregnace. Po grafitizaci však zde dochází k snížení zhruba o 30 %. Tento výsledek není typický. Také pevnost v ohybu se snížila, přestože při správné technologii výroby dochází po grafitizaci k jejímu zvýšení.

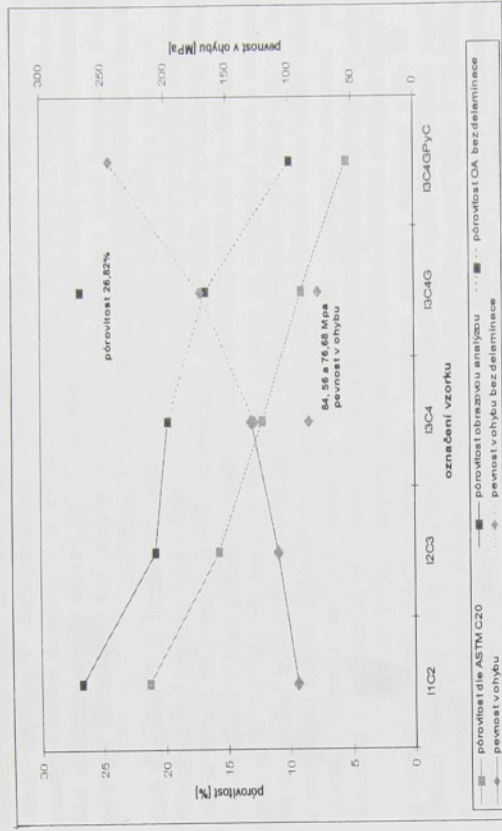
4.3 Korelace pórovitosti a mechanických vlastností

Na grafech obr. 5. a 6. a ve zdrojové tabulce 5. je porovnán průběh naměřených pórovitosti na jedné straně a mechanických vlastností na straně druhé. Hodnoty odpovídající dodatečně připravenému vzorku s pokryvem pyrolytickým uhlíkem I3C4GPyC jsou v grafu vždy doplněny přerušovanou čarou v barvě odpovídající zobrazované veličině. Tato přerušovaná čára zároveň dokumentuje, jaký je předpokládaný vývoj dané veličiny s vyloučením technologické chyby při přípravě. Hodnoty grafitizovaného vzorku I3C4G s delaminací jsou v grafu vneseny samostatnými body v barvě odpovídající zobrazované veličině a jsou pro přehlednost doplněny popisem. V tabulce jsou hodnoty odpovídající vzorku s pokryvem pyrolytickým uhlíkem I3C4GPyC uvedeny odděleně.



Obr. 5. Korelace pórovitosti a elastických konstant E a G

Vývoj Youngova a smykového modulu vykazuje předpokládanou tendenci až do čtvrté karbonizace, čtvrtou karbonizaci se hodnoty Youngova a smykového modulu, stejně jako pórovitost stanovená metodou obrazové analýzy, výrazně nemění. Po grafitizaci dochází k prudkému zlomu průběhu jak elastických konstant tak pórovitosti měřené obrazovou analýzou, jak je dokumentováno samostatnými body jednotlivých veličin v obou grafech. Předpokládaná tendence dalšího vývoje jednotlivých veličin u běžného vzorku bez delaminace je znázorněna přerušovanou čarou.



Obr. 6. Korelace pórovitosti a pevnosti v ohybu

U hodnot pevnosti v ohybu dochází ke zlomu v tendenci vývoje již u měření po čtvrté karbonizaci u vzorku I3C4, hodnota tohoto měření pevnosti v ohybu je v grafu také vynesena samostatným bodem. Negativně se zde projevují nově vzniklé velké dutiny ve čtyřkrát karbonizovaném kompozitu měřitelné pouze v padesátinásobném zvětšení, jejichž zastoupení je v tomto vzorku dvakrát vyšší než u předchozích kroků přípravy. U grafitizovaného vzorku dochází k dalšímu poklesu pevnosti v ohybu.

Tabulka 6. Souhrnná tabulka pórovitosti a mechanických vlastností

| Vlastnost / Vzorek | P | CI | I1C2 | I2C3 | I3C4 | I3C4G | I3C4GPyC |
|-----------------------------------|------|------|-------|--------|-------|-------|----------|
| Pórovitost obrazovou analýzou [%] | 7,29 | | 26,72 | 20,81 | 19,79 | 26,82 | 9,94 |
| Pórovitost ASTM C20 [%] | 5,41 | 27,4 | 21,34 | 15,70 | 12,18 | 9,04 | 5,43 |
| E [GPa] | | | 60,3 | 76,47 | 74,58 | 54,89 | 100,08 |
| G [GPa] | | | 5,36 | 6,89 | 8,70 | 5,09 | 9,08 |
| Rm [MPa] | | | 93,94 | 109,34 | 84,56 | 76,68 | 244,25 |

5 Zhodnocení výsledků a nových poznatků

V této disertační práci byla podrobně zpracována problematika přípravy C-C kompozitů a vzniku pórovitosti jako třetí fáze kompozitu, která významným způsobem ovlivňuje užité vlastnosti materiálu. Byl vypracován detailní postup stanovení pórovitosti materiálu metodou obrazové analýzy, a to po jednotlivých krocích přípravy, kdy se kromě mechanických a strukturálních vlastností mění i optická odrazivost materiálu. Vlastní snímání a analýza jednotlivých mikrosimulací byla zcela zautomatizována vytvořením komplexního systému pořizování, analýzy a archivace obrazů pomocí makroprogramů. Vytvořením těchto uživatelských makroprogramů byla vyřešena časová náročnost prováděných měření a zejména standardnost stanovení pórovitosti v rámci této metody. Přípravená metoda umožňuje také stanovit zastoupení dutin v jednotlivých velikostních třídách, což je praktické například v případě ověření vhodnosti použití kompozitu jako biomateriálu.

Nově bylo zjištěno, že po druhé impregnaci a třetí karbonizaci se již kompozit další opakovanou impregnací a karbonizací výrazně nemění a tento krok z přípravy C-C kompozitů v našich podmínkách je možné vyloučit. Celá příprava materiálu pro další použití se tím urychlí a také zlevní. Pórovitost stanovená metodou obrazové analýzy klesá u vzorku po třetí impregnaci a čtvrté karbonizaci již pouze o 1,02% (při stanovení dle ASTM C 20 je tento rozdíl 3,14%), tomu odpovídají i sledované mechanické vlastnosti, jejichž hodnoty se při srovnání těchto dvou vzorků také výrazně nemění. Z toho vyplývá, že třetí impregnace a čtvrtá karbonizace kompozitu již nejsou pro maximální zlepšení užitých vlastností kompozitu nijak významné, převážná část porézního systému je již uzavřená a prekurzor matrice do materiálu nepronikne natolik, aby se jeho pórovitost výrazně změnila.

Již dříve zmíněnou výhodou stanovení pórovitosti metodou obrazové analýzy je možnost obsazení pórovitosti celé – otevřené i uzavřené, což doposud používané metody neumozňují. V tomto konkrétním případě se projevilo zejména neodhalení delaminace u grafitizovaného vzorku, dle ASTM C 20 je tento vzorek ideální a hodnoty pórovitosti odpovídají předpokládanému vývoji po grafitizaci. Metodou ASTM C 20 není možné změřit velké delaminační trhliny, ze kterých voda jako penetrační médium buďto samovolně nebo po ořnění vytéká. Při použití metody obrazové analýzy je tato delaminace zřetelně patrná již na skládaném obraze pořízeném jen v paděštinásobném zvětšení. Počínající delaminace sledovaného materiálu je pozorovatelná již u vytvrzeného materiálu. Při přípravě jednotlivých vrstev kompozitu pravděpodobně došlo k přesycení prepregů prekurzorem matrice a jejich následnému vzájemnému posuvu při skládání a lisování. Metoda obrazové analýzy umožňuje odhalení této technologické chyby již na samotném počátku přípravy.

Korelace pórovitosti stanovených metodou obrazové analýzy se zjištěnými mechanickými vlastnostmi kompozitu po jednotlivých stupních přípravy potvrdila zlom v průběhu elastických konstant (Youngova a smykového modulu) u grafitizovaného vzorku s počínající delaminací. Pevnost v ohybu klesá již u vzorku po třetí impregnaci a čtvrté karbonizaci, projevují se zde nově vzniklé velké dutiny popsané u vzorku I3C4.

Porovnání se standardně měřeny hodnotami pórovitosti dle ASTM C 20, podle kterých je kompozit zdánlivě ideální, tento pokles všech sledovaných hodnot mechanických vlastností nevyšvětluje, stejně jako následné selhání a úplnou delaminaci vzorků při pokusu o pokryv pyrolytickým uhlíkem.

Nezpochybněnou předností metody obrazové analýzy je i možnost detailního popisu porézního systému v kompozitu co do velikosti, orientace a uspořádání dutin v materiálu. K dalšímu studiu této problematiky je již nyní k dispozici rozsáhlý soubor dat pořízených v rámci analýzy jednotlivých mikrosimulací. Zpracování těchto dat může být dalším cílem vykládati metody obrazové analýzy při podrobném popisu systému pórů a trhlin v kompozitu.

6 Práce autora se vztahem ke studované problematice

- [1] Burešová, M.: Měření objemového podílu vláken v 1D C-C kompozitech metodou obrazové analýzy. In Proceedings of STRUTEX'97, Liberec 1997, s. 85-92
- [2] Burešová, M.: Image analysis - fibre volume fraction and mutual resolution of fibres and matrix in C-C composites. In Proceedings of the TEXTSCI'98, Liberec, 1998, s. 576-578
- [3] Burešová, M., Černý, M.: Relation between fibre volume fraction and mechanical properties of C-C composites. In Proceedings of the Eurocarbon'98, Strasbourg 1998, s. 491-492
- [4] Burešová, M.: Klasifikace a rozdělení pórů a trhlin ve 2D C-C kompozitech. Obrazová analýza In Proceedings of STRUTEX'98, Liberec 1998
- [5] Burešová, M.: Využití analýzy obrazu pro měření strukturálních parametrů C-C kompozitů (1998). Seminář *Laboratory Imaging 1998*, Praha 1998
- [6] Glogar, P., Černý, M., Krula, M., Burešová, M.: Elastic properties of carbon-carbon cylindrical shells with braided reinforcement. In Proceedings of the 3rd International Conference on New Product and Production Technologies for a New Textile Industry'99, Gent, s. 122-128
- [7] Glogar, P., Burešová, M., Manocha, L.: Studies on change in void structures in ceramic impregnated CFRC with heat treatment using Image analysis. In Proceedings of Eurocarbon 2000, Berlin 2000, SRN, s. 209-210
- [8] Balík, K., Burešová, M.: Obrazová analýza kompozitních materiálů. Studium struktury. Ve sborníku *Digitální zobrazování v biologii a medicíně*. České Budějovice, 2000, s. 16, ISBN: 80-901250-5-0
- [9] Burešová, M., Balík, K.: Study of the surface properties of C-C composites as biomaterials. In Proceedings of *Biomaterialy w medycynie i weterynarii*, Ryto 2000, Polsko, s. 15, grant č.106/99/0491
- [10] Burešová, M., Balík, K.: Study of the surface properties of C-C composites as biomaterials. *Engineering of Biomaterials 12/III*, s. 28-30 (2000), ISSN 1429-7248
- [11] Balík, K., Burešová, M., Machovič, V., Novotná, M., Pešáková, V., Sochor, M.: Biocompatibility of C-C composites covered with PyC and pHEMA. In proceedings of *Biomaterials in medicine and veterinary*, Ryto 2001, Polsko
- [12] Burešová, M.: Použití obrazové analýzy při měření strukturálních charakteristik C-C kompozitů., *Seminář Laboratory Imaging 2001*, Praha 2001
- [13] Burešová, M.: Digitalizace a skládání velkých obrazů pro měření pórovitosti kompozitů., In Proceedings of *Digitální zobrazování v biologii a medicíně 2001*, České Budějovice, s. 31
- [14] Žaloudková, M.: Image analysis of the fibre volume fraction and the porosity of carbon-carbon composite materials. Bulletin České společnosti pro uhlíkové materiály 1/2001
- [15] Burešová, M., Balík, K., Machovič, V., Novotná, M., Pešáková, V., Hulejová, H., Sochor, M.: Biocompatibility of C-C composites covered with PyC and pHEMA. *Engineering of Biomaterials 20*, s. 3-5 (2002), ISSN 1429-7248

7 Literatura

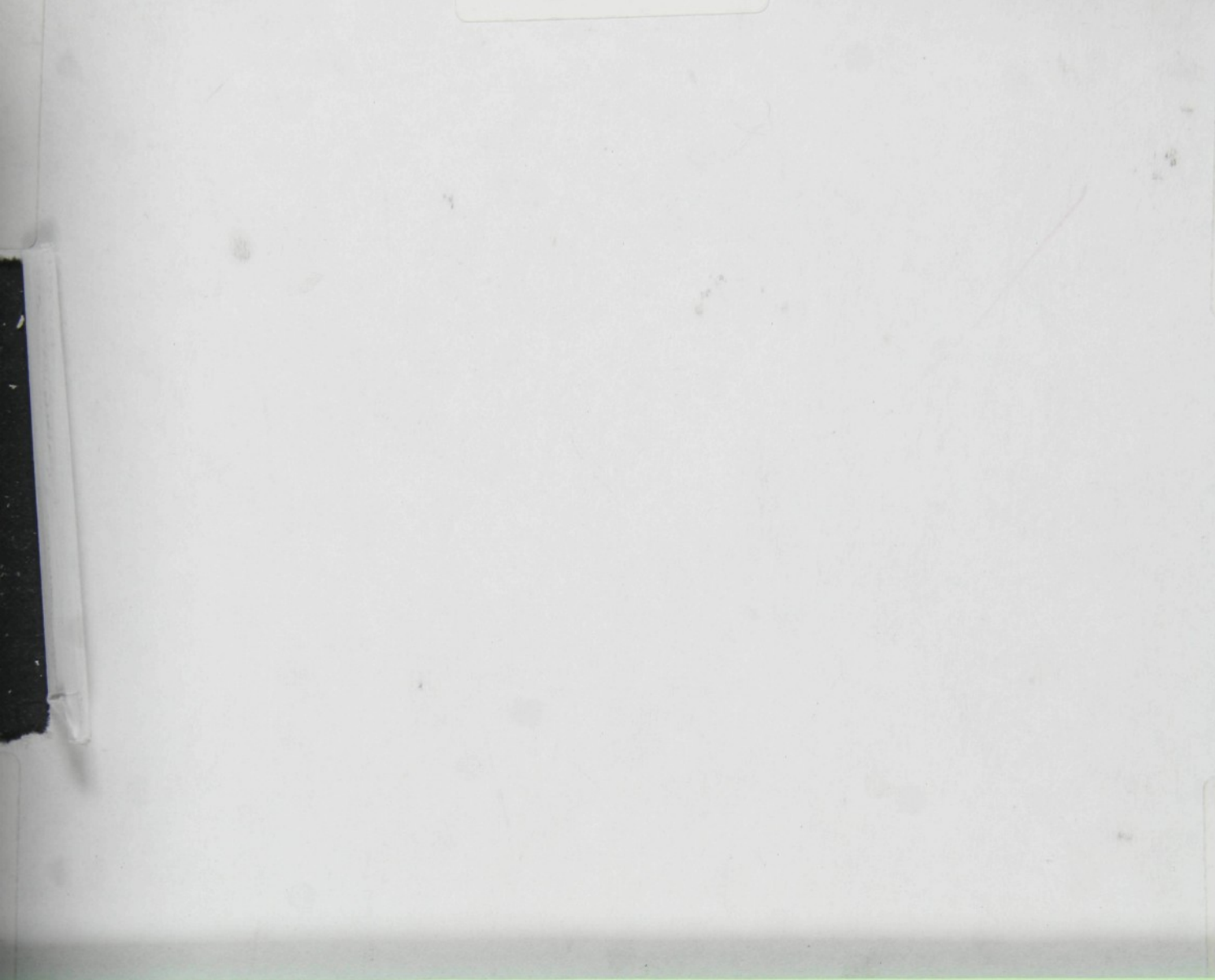
- [1] Kelly, A., Zweben, C.: *Comprehensive Composite Materials*, Elsevier Science under the Pergamon imprint, 2000, ISBN: 0-08-042993-9
- [2] Vix-Guterl, C., Shah, S., Dentzer, J., Ehrburger, P., Manocha, L.M., Patel, M., Manocha, S.: Carbon/carbon composites with heat-treated pitches II. Development of porosity in composites. *Carbon 39*, 673-683 (2001), ISSN: 0008-6223/01
- [3] Marsh, H., Rodríguez-Reinoso, F.: *Sciences of Carbon Materials*, University of Alicante Secretariado de Publicaciones, 2000 Spain, ISBN: 84-7908-544-4
- [4] Meissner, B., Zilvar, V.: *Fyzika polymerů*, SNTL, Praha 1987
- [5] Savage, G.: *Carbon - Carbon Composites*, Chapman & Hall, 1993, ISBN: 008 0437133
- [6] Agarwal, B.D., Broutman, L.J.: *Vláknové kompozity*, SNTL, Praha 1987
- [7] Bares R. A.: *Kompozitní materiály*, SNTL, Praha 1988
- [8] Fitzer, E., Manocha, L. M.: *Carbon Reinforcements and Carbon/Carbon Composites*, Springer 1998, ISBN: 3-540-62933-5
- [9] Dresselhaus, M. S., Dresselhaus, G., Sughihara, K., Spain, I. L., Goldberg, H. A.: *Graphite fibers and Filaments*, Springer 1988, ISBN: 3-540-18938-6
- [10] Burešová, M., Černý, M.: Relation between fibre volume fraction and mechanical properties of C-C composites. In Proceedings of the *Eurocarbon '98*, Strasbourg 1998, s. 491-492
- [11] Burešová, M.: Image analysis - fibre volume fraction and mutual resolution of fibres and matrix in C-C composites. In *Proceedings of the TEXTSCI'98*, Liberec, 1998, sborník s. 576 - 578
- [12] Thomas, C. R.: *Essential of Carbon-Carbon Composites*, The Royal Society of Chemistry, 1993, ISBN: 0 - 85186-804-5
- [13] Inagaki, M.: *New Carbons - Control of Structure and Function*, Elsevier Science, 2000, ISBN: 0 08 043713 3
- [14] Ismail, M.K.I.: On the reactivity, structure, and porosity of carbon fibers and fabrics, *Carbon 29*, s. 777-792 (1991), ISSN: 0008-6223/91
- [15] Rellrick, G. S., Adams, P.M.: TEM studies of resin-based matrix microstructure in carbon/carbon composites. *Carbon 32*, s. 132 - 137 (1994), ISSN: 0008-6223/94
- [16] Figueiredo, J.L., Bernardo, C. A., Baker, R. T. K., Hüttinger, K. J.: *Carbon Fibers Filaments and Composites*, Netherlands 1990, ISBN: 0-7923-0602-3
- [17] McEnaney, B.: Adsorption and structure in microporous carbons. *Carbon 26*, s. 267-274 (1988), ISSN: 0008-6223/88
- [18] Balík, K., Burešová, M.: Obrazová analýza kompozitních materiálů. Studium struktury In *Digitální zobrazování v biologii a medicíně: sborník konference*. České Budějovice, 2000, s. 16, ISBN: 80-901250-5-0
- [19] Glogar, P., Černý, M., Krula, M., Burešová, M.: Elastic properties of carbon-carbon cylindercaul shells with braided reinforcement. In *Proceedings of the 3rd International Conference on New Product and Production Technologies for a New Textile Industry '99*, Gent, s. 122-128, grant číslo No. 106/99/0096
- [20] Klučáková, M.: *Impregnační kompozitních materiálů uhlík-uhlík z kapalné fáze: disertační práce*, VŠCHT Praha, 1998, 197 s.
- [21] Reinhart, T. J., Dostal, C. A.; Woods, M. S.; *Engineered Materials Handbook, Volume I, Composites*. 4th ed. ASM International, 1993. 983 s. ISBN 0-87170-279-7
- [22] Kuo, H.H., Chem Lin, J.H., Ju, C.P.: Effect of carbonization rate on the properties of a PAN/phenolic-based carbon/carbon composite. *Carbon 43*, s. 229-239 (2005), ISSN: 0008-6223/05
- [23] Delhaes, P.: Chemical vapor deposition and infiltration processes of carbon materials. *Carbon 40*, s. 641 - 957 (2002), ISSN: 0008-6223/02
- [24] Ermel, R., Beck, T., Vöhringer, O.: Mechanical properties and microstructure of carbon fibre reinforced carbon materials produced by chemical vapour infiltration. *Material Science and Engineering A 387-389* (2004), s. 845-851
- [25] Dong, G.L., Hüttinger, K.J.: Consideration of reaction mechanisms leading to pyrolytic carbon of different textures. *Carbon 40*, s. 2515 - 2528 (2002), ISSN: 0008-6223/02
- [26] Oh, S.M., Lee, Y.L.: Structure of pyrolytic carbon matrices in carbon/carbon composites. *Carbon 26*, s. 763 - 768 (1988), ISSN: 0008-6223/88
- [27] Je, J.H., Lee, J.Y.: A study on the deposition of pyrolytic carbons from hydrocarbons. *Carbon 22*, s. 563 - 570 (1984), ISSN: 0008-6223/84
- [28] Jortner, J.: Macroporosity and interface cracking in multi-directional carbon-carbons. *Carbon 24*, s. 603-613 (1986), ISSN: 0008-6223/86
- [29] Matzinos, P.D., Patrick, J.W., Walker, A.: The void structure of 2-D C/C preforms and composites: Effects of the nature of the matrix precursor coal-tar pitch. *Carbon 35*, s. 507-513 (1997), ISSN: 0008-6223/97
- [30] Jortner, J.: Microstructure of cloth-reinforced carbon-carbon laminates. *Carbon 30*, s. 153-163 (1992), ISSN: 0008-6223/92
- [31] MacGibbon, B.S., Mulvaney, P.T., Yurgartis, S.W.: Quantification of microcracks in carbon-carbon composites with the use of digital image processing techniques. In Proceedings of the American Society of Composites, s. 189-198, 1991
- [32] Weishauplová, Z.: Principles of the porous structure description of coals, semicokes and activates. *Acta Montana IRSM AS CR, Ser. B*, 4 (94), s. 55 - 63
- [33] Weishauplová, Z., Medek, J.: Metody stanovení skutečné a zdánlivé hustoty uhlí a koksu. *Sborník 23. koksárenské konference*, Řeka, 1990
- [34] Medek, J.: Stanovení zdánlivé hustoty hrubě porézních látek. *Chemické listy 62*, Praha 1968, s. 334 - 339
- [35] Dubinin, M. M.: *Industrial Carbon and Graphite*, London 1958, 219
- [36] Medek, J.: Uhlí 24, 1976, 26; Fuel 56, 1977, s. 131
- [37] Straka, P.: Stanovení objemu hrubých porů v porézních materiálech analýzou obrazu. *Chemické listy 89*, Praha 1995, s. 513-516
- [38] McEnaney, B., Mays, T.J.: Characterization of macropores using quantitative microscopy. *Characterization of Porous solids III, Studies in Surface Science and Catalysis 87*, s. 327-337, Elsevier Science 1994
- [39] Gao, F., Patrick, J.W., Walker, A.: The characterisation of cracks and voids in two-dimensional carbon-carbon composites. *Carbon 31*, s. 103-108 (1993), ISSN: 0008-6223/93
- [40] Gao, F., Patrick, J.W., Walker, A.: Towards the optimisation of the densification of PAN-based carbon-fibre-reinforced carbon laminates. *Composite Science and Technology 57*, s. 483-490 (1997), ISSN: 0266-3538/97
- [41] Marsh, H., Heintz, E. A., Rodríguez-Reinoso, F.: *Introduction to Carbon Technologies*, University of Alicante Secretariado de Publicaciones, 1997 Spain, ISBN: 84-7908-317-4
- [42] Chlopek, J., Blazewicz, S.: Effect of processing variables on the properties of carbon-carbon composites. *Carbon 29*, s. 127-131 (1991), ISSN: 0008-6223/91
- [43] Jalůvková, K.: *Obrazová analýza delamináčnických trhlin v íkaninových kompozitech s plátovou vazbou: diplomová práce*, TUL Liberec, 2000, 84 s.
- [44] Balík, K., Žižka, S., Weishauplová, Z., Černý, M.: A study of C/C composites infiltrated and covered with pyrolytic carbon in a thumbing bed. In *Extended Abstract*

- [45] Pitas, I.: *Digital Image Processing Algorithms and Application*, A Wiley-Interscience Publication, 2000 USA, ISBN: 0-471-37739-2
- [46] Laboratory imaging s. r. o. Praha.. *System for Image Processing and Analysis Lucia M.* 1998-2005. 312 s.
- [47] Olšovec, P.: *Hodnocení struktury kompozitů uhlík-uhlík pokocí obrazového analyzátoru TESCOAN/LUCIA: diplomová práce*, ČVUT FS Praha, 1997, 65 s., 8 příl.
- [48] Exner, H. E., Hougardy, H. P.: *Quantitative Image Analysis of Microstructures*, DGM Informationsgesellschaft mbH, 1988 SRN, ISBN: 3-88355-132-5
- [49] Čermý, M.: *Měření elastických konstant ortotropních materiálů ve tvaru desek a trubek metodou rezonančních frekvencí: disertační práce*, ČVUT FS Praha, 2000, 87 s.
- [50] ASTM C 20-87. *Standard test methods for apparent porosity, water absorption, apparent specific gravity and bulk density of burned refractory brick and shapes by boiling water*. 1987

8 Summary

V této disertační práci z oboru materiálového inženýrství byla podrobně zpracována problematika přípravy C-C kompozitů a vzniku pórovitosti jako třetí fáze kompozitu, která významným způsobem ovlivňuje užité vlastnosti materiálu. Byl vypracován detailní postup stanovení pórovitosti materiálů metodou obrazové analýzy po jednotlivých krocích přípravy. Byly vytvořeny uživatelské makroprogramy, které řeší časovou náročnost prováděných měření a zejména standardnost stanovení pórovitosti v rámci této metody. Připravená metoda umožňuje také stanovit zastoupení dutin v jednotlivých velikostních třídách, což je praktické například v případě ověřování vhodnosti kompozitu jako biomateriálu. Výhodou stanovení pórovitosti metodou obrazové analýzy je možnost obsažení pórovitosti celé – otevřené i uzavřené, což doposud používané metody neumožňují. Pórovitost stanovené metodou obrazové analýzy byly korelovány se zjištěnými mechanickými vlastnostmi kompozitu po jednotlivých stupních přípravy. Průběh elastických konstant (Youngova a smykového modulu) odpovídá předpokládanému vývoji.

The present dissertation thesis from a material engineering field deals in detail with the problems of preparation of C-C composites and creation of porosity as the third phase of a composite, which significantly affects utilizable properties of a material. A detailed procedure for determination of material porosity by the method of image analysis has been worked out following separate preparation steps. User defined macros were prepared by which; time demandingness of measurements performed and namely a standard way of porosity determination within this method have been solved. The method developed allows also determination of cavity distribution into individual size classes, which is practical, e.g., in case of checking suitability of using a composite as a biomaterial. The advantage of the porosity determination by the image analysis method is a possibility to include the complete porosity - open and closed, which has not been enabled by the previously used methods. Correlation of the porosities determined by the image analysis method with the mechanical properties of a composite observed after single preparation steps was done. The course of elastic constants (Young and shear modulus) follows supposed development.



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní



**OPTIMALIZACE ODĚVNÍ VÝROBNÍ
LINKY POMOCÍ GENETICKÝCH
ALGORITMŮ**

2004

Petra KOMÁRKOVÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Katedra oděvnictví

OPTIMALIZACE ODĚVNÍ VÝROBNÍ LINKY POMOCÍ GENETICKÝCH ALGORITMŮ

Petra Komárková

Obor studia: Textilní technika

Rozsah práce

| | |
|----------------|-----|
| Počet stran: | 124 |
| Počet obrázků: | 48 |
| Počet tabulek: | 54 |
| Počet příloh: | 3 |

UNIVERZITNÍ KNIHOVNA
TECHNICKÉ UNIVERZITY V LIBERCI



3146115287

KOD

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Univerzitní knihovna
Voroněžská 1329, Liberec 1
250 481 13

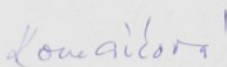
U600T

124s, 195s. přel.

ob, knihy 2 gr.

MÍSTOPŘÍSEŽNÉ PROHLÁŠENÍ

Místopřísežně prohlašuji, že jsem disertační práci vypracovala samostatně s použitím uvedených přístrojů, literatury a navržených postupů.


Petra Komárková

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych touto cestou poděkovat všem, kteří mi byli nápomocni při vypracování disertační práce, Doc. Dr. Ing. Zdeňkovi Kůsovi za odborné vedení, Prof. Ing. Jířímu Militkému, CSc. za cenné připomínky a v neposlední řadě Ing. Ondřejovi Rytířovi.



Petra Komárková

ANOTACE

Tato disertační práce se zabývá problematikou optimalizace oděvní výroby, která je v současné době nejčastěji charakterizována malými sériemi a značnou variabilitou výroby. Prezentuje možnosti využití genetických algoritmů pro optimalizaci plynulé montážní linky s postupným způsobem výroby, při němž se každý výrobek předává z předchozí na následující operaci po výrobních dávkách.

Cílem optimalizace takovéto výrobní linky je minimalizace prostojů jednotlivých výrobních dávek na pracovních místech, minimalizace rozpracované výroby a minimalizace celkové doby zpracování.

ANNOTATION

In this time a small-lot production and a variety of this production are typical characteristics of the clothing industry. This dissertation thesis presents the possibilities of using genetic algorithms as an instrument for the optimization the clothing assembly line with a continuous production flow of sewing shopfloor with consecutive production. The object of optimisation is to minimize the downtimes of production unit on work places, to minimize the semi-finishing of production and to minimize the total time of production.

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| 1 ÚVOD | 9 |
| 2 MODEL ODĚVNÍ VÝROBNÍ LINKY | 12 |
| 2.1 Manipulace s oděvním materiálem | 12 |
| 2.1.1 DOPRAVNÍKOVÉ SYSTÉMY | 13 |
| 2.1.1.1 Podvěsné dopravníkové systémy | 13 |
| 2.1.2 Automatické dopravníkové systémy | 16 |
| 2.1.3 Systém ETON | 16 |
| 2.1.3.1 Technické a technologické parametry systému..... | 16 |
| 3 MOŽNOSTI ORGANIZACE ODĚVNÍ VÝROBY | 18 |
| 3.1 Metody vhodné pro optimalizaci výrobních rozvrhů | 18 |
| 3.1.1 Rozdělení prohledávacích optimalizačních metod | 20 |
| 4 ŘEŠENÍ PROBLEMATIKY OPTIMALIZACE VÝROBNÍ LINKY V ODĚVNÍ VÝROBĚ | 22 |
| 5 GENETICKÉ ALGORITMY | 25 |
| 5.1 Postup řešení pomocí základních genetických algoritmů | 26 |
| 5.2 Definice základních pojmů | 27 |
| 5.3 Proč GA? | 28 |
| 5.4 Reprezentace jedinců | 29 |
| 5.4.1 Kódování..... | 29 |
| 5.4.2 Výpočet fitness – kvality řetězců..... | 31 |
| 5.5 Reprodukce | 31 |
| 5.5.1 Selektce | 31 |
| 5.5.2 Náhrada..... | 34 |
| 5.5.3 Elitářství..... | 35 |
| 5.5.4 Selekcční tlak..... | 35 |
| 5.6 Genetické operátory | 36 |
| 5.6.1 Křížení..... | 36 |
| 5.6.2 Mutace..... | 37 |
| 5.7 Základní tvar GA | 39 |
| 5.8 Záporné a neexistující kvality řetězců | 41 |
| 5.9 Teorie schémat GA | 42 |
| 5.9.1 Přežití schématu v generaci | 44 |
| 5.10 Modifikace GA pro speciální typy problémů | 46 |
| 5.10.1 Škálování..... | 46 |

| | |
|--|-----------|
| 5.10.2 Minimalizace funkcí | 49 |
| 5.10.3 Problémy s ohraničeními | 49 |
| 5.10.3.1 Omezení a penalizační metoda..... | 49 |
| 5.10.3.2 Dekodéry | 50 |
| 5.10.3.3 Opravný algoritmus..... | 50 |
| 5.10.4 Generation gap | 50 |
| 5.10.5 Udržování různosti v populaci | 50 |
| 5.10.6 Niche techniky | 51 |
| 5.11 Koevoluce | 52 |
| 5.12 Hybridizace..... | 53 |
| 5.13 Paralelizace GA | 53 |
| 6 OPTIMALIZACE ODĚVNÍ VÝROBNÍ LINKY POMOCÍ GA..... | 55 |
| 6.1 Model oděvní výrobní linky – Experimentální data | 55 |
| 6.1.1 Technický popis vybraného představitele pánských kalhot..... | 56 |
| 6.1.2 Rozbor výroby | 57 |
| 6.1.3 Výrobní postup vybraného představitele pánských kalhot | 58 |
| 6.1.4 Plán podlaží..... | 63 |
| 6.2 Organizace zpracování výpočtové aplikace | 65 |
| 6.3 Parametry GA | 66 |
| 6.3.1 Kódování..... | 66 |
| 6.3.2 Výpočet fitness..... | 67 |
| 6.3.3 Křížení..... | 71 |
| 6.3.4 Mutace..... | 74 |
| 6.4 Výpočtová aplikace | 74 |
| 6.4.1 Stručná charakteristika..... | 75 |
| 6.4.2 Určení Fitness; Penalizační Koeficient..... | 75 |
| 6.4.3 Vážená ruleta reprodukce | 77 |
| 6.4.4 Křížení..... | 77 |
| 6.4.5 Mutace..... | 79 |
| 6.4.6 Průchod programem..... | 79 |
| 6.5 Kontrolní metoda | 83 |
| 6.5.1 Program Montec..... | 84 |
| 6.6 Následná možnost zpracování získaných dat | 85 |
| 7 VÝSLEDKY EXPERIMENTÁLNÍCH VÝPOČTŮ..... | 90 |
| 7.1 Trasování – postup získávání první generace..... | 90 |
| 7.1.1 Nultá počáteční generace - vstupní generace:..... | 90 |
| 7.1.2 Reprodukce | 91 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 7.1.3 | Křížení..... | 92 |
| 7.1.4 | Mutace..... | 93 |
| 7.1.5 | Nejlepší řetězce..... | 94 |
| 7.2 | Výsledky získané výpočtem..... | 95 |
| 7.2.1 | Grafické znázornění výsledků..... | 102 |
| 7.3 | Kontrolní metoda..... | 103 |
| 7.3.1 | Grafické znázornění výsledků..... | 106 |
| 7.4 | Porovnání základních parametrů experimentálních výpočtů..... | 107 |
| 7.4.1 | Rozdělení nejlepších řetězců dle velikosti populace..... | 109 |
| 7.4.2 | Rozdělení nejlepších řetězců dle pravděpodobnosti mutace..... | 110 |
| 7.4.3 | Rozdělení nejlepších řetězců dle pravděpodobnosti křížení..... | 111 |
| 7.4.4 | Rozdělení nejlepších řetězců dle skupin nastavení parametrů..... | 112 |
| 7.4.5 | Průběh výpočtu z pohledu fitness jednotlivých řetězců..... | 113 |
| 7.4.6 | Vývoj nalézání nejlepšího jedince..... | 115 |
| 7.4.7 | Nejlepší nalezené řešení..... | 117 |
| 7.4.8 | Doporučené hodnoty vstupních parametrů GA..... | 117 |
| 8 | ZÁVĚR..... | 119 |
| 9 | LITERATURA..... | 122 |
| 10 | PŘÍLOHY..... | 124 |

1 ÚVOD

Situace v posledním období je nejen pro tuzemské výrobce oděvů a textilu ale i pro obchodníky s tímto sortimentem, kteří jsou ve vzájemném propojení nelehká. Příčinou je především snížený objem výroby oproti dřívější strategii konkurenceschopnosti průmyslových společností obecně. Tato strategie byla směřována k hromadné výrobě, která se zaměřovala na dosažení značného zlepšování a odstupňování v nákladech. V tomto okamžiku, přestože snížení nákladů je nezbytnou podmínkou proto být konkurenční, to není dostatečné. Vývoj a charakteristika chování zákazníků a rostoucí konkurence z ostatních zemí, má původ v ekonomickém a výrobním globalizačním procesu.

Výrobci dnes musí umět vyrobit své zboží včas na přesně stanovenou dobu dodávky, udržet své zásoby na minimální úrovni, co nejvíce zkrátit průběžnou dobu výroby a přitom být schopni vyrábět v širokém sortimentním rozsahu, aby mohli dostat přání svých zákazníků. Tyto požadavky představují celou řadu protikladů, které nelze úspěšně řešit pomocí tradičních plánovacích systémů. [17] Tradičně se toto řešení v oděvní výrobě provádí ve velké míře na základě empirických analýz výroby, které sice vedou k určitému uspokojivému výsledku, ale v zásadě není dosahováno nejlepších výsledků, dochází pouze k přiblížení k optimálnímu stavu.

Tato disertační práce se orientuje na oděvní výrobu, konkrétně na spojovací proces. Hlavním prvkem spojovacího procesu je soubor oděvních strojů, které slouží k montáži stříhových dílu do podoby finálního výrobku. Tyto oděvní stroje jsou uspořádány do montážní linky posloupně, dle výrobního postupu a zajišťují plynulý tok zpracovávaného materiálu.

Vzhledem k výše zmíněným faktům se výrobci snaží optimalizovat výrobu. A to nejen v oblasti technické přípravy výroby, materiálového toku a distribuce hotových výrobků, ale také v oblasti organizace vlastní výrobní linky. Tu lze směřovat do dvou hlavních směrů: 1) Změna poměru výrobního a nevýrobního času, tzn. hlavně snižování doby manipulace s materiálem a dopravy materiálu mezi jednotlivými pracovními místy. Tato doba tvoří vysoké procento v celkové době výroby. 2) Zajišťování flexibility výroby. Celý proces optimalizace je podřízen požadavku minimalizace celkové doby výroby.

Samozřejmostí je vysoká kvalita finálních výrobků, která je zajišťována zaváděním nových technologií a nové techniky, zpracováváním nových materiálů a zvyšováním kvalifikace pracovníků.

Tato práce směřuje hlavní pozornost na zvyšování flexibility výroby a to s ohledem na častou změnu sortimentu požadovaného zákazníky. Prostředkem pro tuto optimalizaci bude genetický algoritmus, který spadá do kategorie evolučních optimalizačních algoritmů.

Jako výchozí krok je uvažován předpoklad, že se v současné době v oděvní výrobě nejčastěji zpracovávají větší počty nízkoobjemových zakázek spíše než zakázky s větším počtem výrobků. Z tohoto plyne nutnost vysoké flexibility oděvního výrobce.

Každý oděvní výrobce se více či méně svojí výrobou specializuje na určité typy výrobků. Každý typ výrobku se díky technologickým požadavkům a požadavkům na strojový park vyrábí na samostatné výrobní lince. Tato práce je zaměřena na optimalizaci výrobního času na této výrobní lince.

I přes specializaci jedné výrobní linky na jeden typ výrobku je třeba uvažovat různorodost zakázek, tzn. jeden typ výrobku má široké množství variant, které se od sebe liší časovou náročností zpracování jednotlivých dílčích operací výroby. Výroba těchto variant určitého výrobku se na dané lince střídá.

Vysoká různorodost zakázek znamená nutnost kombinace výroby požadovaných výrobků. Výrobky každé zakázky se rozdělují do výrobních dávek. Jedná se o série určitého objemu, které jsou technologicky a materiálově homogenní. Každá výrobní dávka respektuje pracovní takt výrobní linky a objem zakázky (nesmí zbývat příliš malý objem v některé dávce).

Cílem optimalizace takovéto výrobní linky je minimalizace prostojů jednotlivých výrobních dávek na jednotlivých pracovních místech, minimalizace rozpracované výroby a minimalizace celkové doby zpracování. Tzn. nalezení nejrychlejší cesty výrobní linkou každé výrobní dávky tak, aby celkový čas zpracování všech zadaných zakázek v určitém časovém období byl minimální.

Dané časové období se nevztahuje pouze na fond pracovní doby v jednom pracovním dni. Je možné provádět optimalizaci v horizontu jednoho dne, ale také v horizontu týdne či většího časového období.

Navržený optimalizační proces musí být aplikovatelný na různé typy oděvních výrobních linek s postupným způsobem výroby bez ohledu na druh vyráběného sortimentu a bez ohledu na počet pracovních míst.

Standardně se pro řešení optimalizačních problémů mohou využívat specializované software, které jsou široce uplatňovány např. ve strojírenském průmyslu. Vzhledem k určité specifikaci oděvní výroby není tento prostředek optimalizace pro oděvní výrobu ideální. Důvodem k odmítnutí těchto prostředků je hned několik faktorů: 1) v oděvní výrobě dochází k rychlým změnám vyráběného sortimentu, 2) výroba je realizována v malých sériích, 3) je kladen vysoký nárok na značnou flexibilitu pracovníků, kteří musí často měnit pracovní místa, a tím pádem také pracovní náplň, 3) s tím je spojený vysoký nárok na zručnost pracovníků, která je u jednotlivých pracovníků rozdílná. 4) Dalším významným důvodem odmítnutí je relativně vysoká poruchovost při pracovních operacích. Všechny tyto faktory vedou ke zdlouhavé přípravě pro aplikací software tohoto typu. Tato příprava spočívá převážně v empirickém získávání velkého množství vstupních parametrů (a to při každé změně sortimentu výroby).

CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE

Jako hlavní cíle této disertační práce byly stanoveny:

- Definice základního modelu oděvní výrobní linky pro potřeby uplatnění optimalizačního procesu.
- Navržení postupu optimalizace pomocí genetických algoritmů.
- Vytvoření vlastního výpočtového prostředku pro optimalizaci výrobního procesu oděvní montážní linky na základě navrženého postupu.
- Definice základních parametrů výpočtu ovlivňující dosažené výsledky.

2 MODEL ODĚVNÍ VÝROBNÍ LINKY

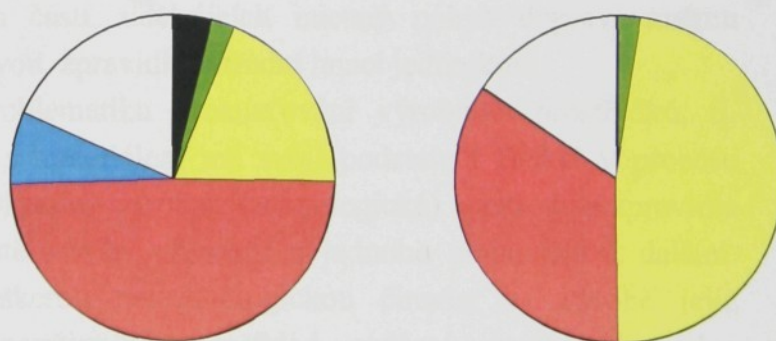
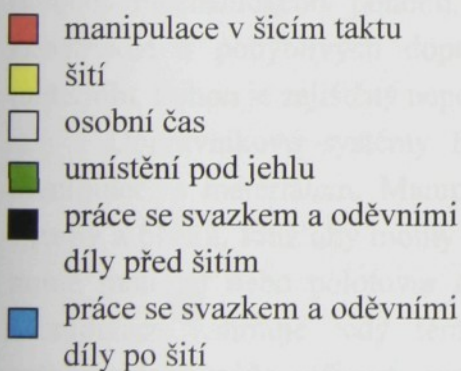
Jedním z předpokladů při návrhu modelu oděvní výrobní linky je použití poděsného dopravníkového systému jako transportního prostředku. Následující kapitola osvětluje důvod použití tohoto způsobu manipulace s oděvním materiálem.

2.1 MANIPULACE S ODĚVNÍM MATERIÁLEM

Jednou z hlavních cest zvyšování technické úrovně oděvní výroby je řešení mechanizace pomocných a vedlejších prací, především pak manipulace s materiálem. Jedná se o všechny druhy dopravy a manipulace ve vnitrozávodní a mezioperační dopravě materiálu, součástek a hotových výrobků. Jako nejvhodnější se jeví využití závěsných dopravníkových systémů, které odstraňují fyzicky namáhavou, zdraví škodlivou práci a zavedením této technologie dochází ke snižování výrobních nákladů a k úspoře pracovních sil.

Manipulace s oděvním materiálem, je v současné době problematika, na kterou se nejvíce upíná pozornost při řešení konkurenceschopnosti výrobců.

Z následujícího obrázku je zřejmé, jak velkou část výroby v šicí dílně zabírá vlastní práce, šití a jaké množství výrobního času se spotřebuje na manipulaci s materiálem. První graf ukazuje situaci ve výrobě, kde se nepoužívá dopravníkový systém a druhý graf ukazuje šicí dílnu vybavenou závěsným automatickým dopravníkovým systémem.



Obr. 1: Průměrné rozložení pracovního času na pracovním místě bez a s použitím dopravníkového systému (sledováno na oděvní výrobě obecně, uvedené údaje jsou průměrné, vycházející z výroby jednotlivých oděvních výrobků). [30]

Z obrázku je patrné, že použití dopravníkových systémů značně mění poměr mezi vlastní výrobou (šitím) a manipulací. Tyto grafy platí obecně pro šicí proces, tzn. šicí proces, který je vybaven strojovým parkem s různou mírou automatizace.

Jaká je míra manipulace s materiálem u jednotlivých šicích strojů, to ukazuje následující tabulka.

Tab. 1: Využití výrobního času v oděvním průmyslu (sledováno na výrobě pánských oblekových košil v provozu firmy ETON)

| Postup šití | Hlavní výrobní čas | | | + Vedlejší výrobní čas (min) | = Pracovní doba (min) |
|---|------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| | Čas šití (min) (4500 ot/min) | Využití ¹⁾ (%) | Čas manuální práce (min) | | |
| Základní šicí stroje | 58,68 | 16,3 | 301,32 | 120 | 480 |
| Šicí stroje s uspořádaným pracovištěm | 110,00 | 30,5 | 250,00 | 120 | 480 |
| Automaty | 195,84 | 54,4 | 164,16 | 120 | 480 |

¹⁾ Procentuální využití hlavního výrobního času pro vlastní šití
(vztahující se na $480' - 120' = 360' \rightarrow$ prac. doba – vedlejší vyr. čas = hlavní vyr. čas) [30]

2.1.1 DOPRAVNÍKOVÉ SYSTÉMY

Sériová výroba oděvů vyžaduje rychlou manipulaci s materiálem s použitím nejrůznějších dopravníkových zařízení, které šetří fyzickou námahu pracovníků a zjednodušují technický proces výroby.

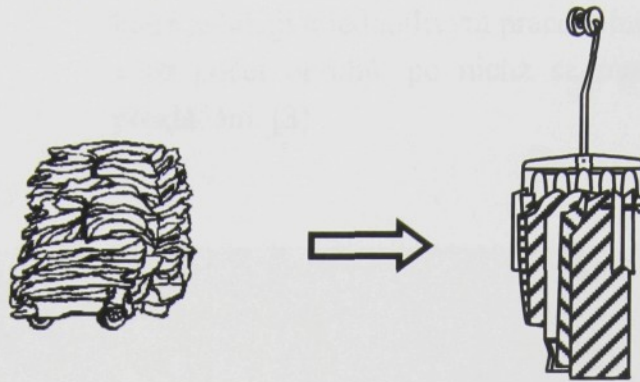
Dopravník je souhrnný název pro samostatně pohyblivé zařízení dopravy materiálu pomocí mechanického pohonu, upevněného na nosné konstrukci. Skládá se z nosné konstrukce a pohyblivých dopravních částí, udělujících nucený pohyb dopravovanému materiálu. Pohon je zajištěn nepohyblivou, zpravidla ústřední hnací jednotkou.

Dopravníkové systémy řeší problematiku přemísťování výrobních prostředků, tj. manipulaci s materiálem. Manipulace s materiálem má svoji podstatu i funkci v procesu výroby a oběhu, totiž aby mohly být vykonány výrobní (technologické) operace, je zpravidla nutné materiál nebo polotovár na místě výroby přemístit z jednoho pracoviště k dalším. Manipulace zahrnuje tedy téměř veškerou netechnologickou činnost ve výrobě jejíž zefektivnění může přinést mnoho pozitivního, například zvýšení množství výroby, produktivity práce či zkvalitnění výroby. [4]

2.1.1.1 PODVĚSNÉ DOPRAVNÍKOVÉ SYSTÉMY

Poděsné dopravníky patří do skupiny závěsových dopravníků, které dopravují materiál nad úroveň podlahy, a využívají nevyužitého prostoru na pracovišti. Těžiště materiálu je pod dráhou dopravníku. Všechny materiály včetně materiálů přípravných jsou dopravovány k pracovnímu místu v zavěšeném stavu, a dále pak mohou být v zavěšeném stavu také zpracovány.

Tento typ dopravníkových systémů je pro použití v oděvním podniku optimální. Podvěsné dopravníkové systémy splňují maximální požadavky, které jsou kladeny na dopravu současnými výrobními procesy.



Obr. 2: Změna způsobu dopravy oděvních dílů při použití dopravníkového podvěsného systému

Tyto systémy dopravují materiál v uzavřeném okruhu, nebo na výrobní lince, která tvoří část okruhu dopravníku.

Mohou překonávat výškové rozdíly, obcházet sloupy, podcházet překlady, překonávat hrazení mezi pracovišti a vyhýbat se všem překážkám v prostoru. Při dopravě materiálu v závěsu nemají nároky na podlahové plochy a umožňují dopravu i napříč vybudovaných dopravních cest.

Podvěsné dopravníky jsou určeny pro vnitrozávodní dopravu meziobjektovou i dílenskou, nebo jako dopravníky osamocené (jen k přepravě materiálu), technologické (k vykonání výrobních operací, např. v dokončovacím procesu), mezioperační, montážní a skladovací.

DĚLENÍ PODVĚSNÝCH DOPRAVNÍKOVÝCH SYSTÉMŮ

Podle způsobu udělování pohybu:

- Dopravníky s ručním posunem.
- Dopravníky s mechanickým pohybem – mechanické.

Podle počtu drah:

- Jednodrátové – má jedinou dráhu, pro oběh materiálu na uzavřeném okruhu. V oděvní výrobě se nepoužívá.

- Dvoudráhové – jedna dráha slouží pouze k vedení a nesení tažného prostředku a druhá k vedení závěsů, které se mohou pohybovat též nezávisle na první dráze pomocí výhybek po samostatných odstavných úsecích, které zabíhají k jednotlivým pracovním místům. Umožňují propojit větší počet okruhů, po nichž se materiál může pohybovat bez překládání. [3]

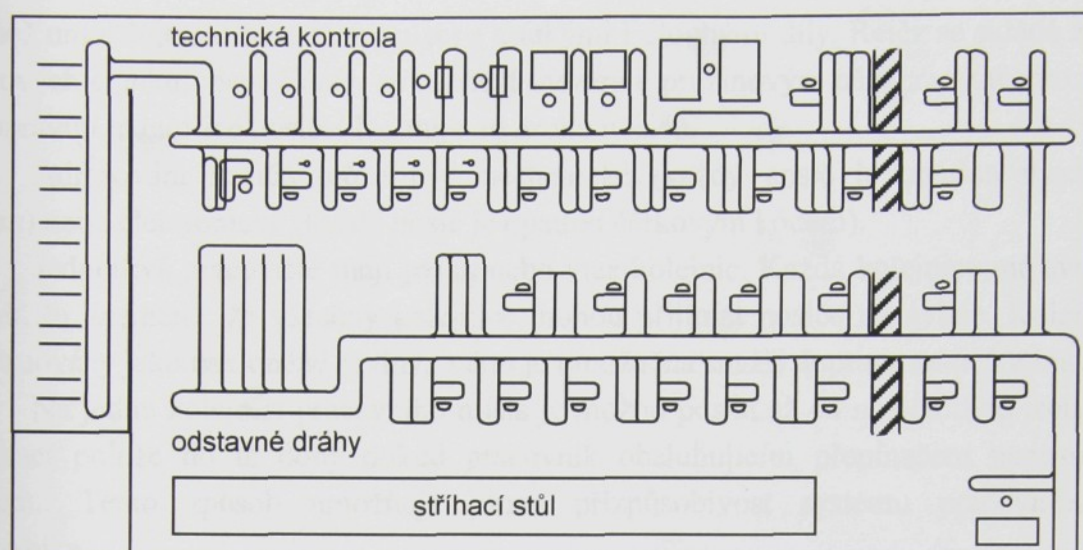


Obr. 3: Závěsný dopravníkový systém ETON pro oděvní výrobu

V současné době je možné vybavovat oděvní výrobu dopravníkovými systémy s automatickou předvolbou. Tyto systémy jsou centrálně řízené. Komunikační síť umožňuje sledovat výrobu, časové diference oproti stanovenému plánu výroby, rozpracovanost výroby, aj. bez přímé účasti na pracovním místě. Toto kontinuální monitorování stavu výroby umožňuje okamžité řešení vzniklých problémů, umožňuje ovlivňovat aktuální vytíženost pracovišť a významně přispívá k celkové optimalizaci výroby. Data získaná z tohoto monitorování lze využít pro vytváření pracovních norem, mzdových listin a výkonnosti pracovníků.

Pořízení dopravníkového systému znamená značné pořizovací náklady, avšak zároveň je prokázána brzká návratnost vložených investic. Dopravníkové systémy přinášejí především zvýšení produktivity, úspory šicí práce, snížení administrativních prostředků, zvýšení kontroly kvality, zvýšení slabých výkonů.

Někteří tradiční výrobci dopravníkových systémů pro oděvní průmysl: ETON (Švédsko), DÜRKOPP (SRN), JET - AGE (PFAFF) (SRN), VEIT (Itálie).



Obr. 4: Příklad uspořádání šicí dílny se zabudovaným dopravníkovým systémem ETON

2.1.2 AUTOMATICKÉ DOPRAVNÍKOVÉ SYSTÉMY

Je nutno podotknout, že vzhledem k finanční náročnosti dopravníkových systémů, se jejich zavádění v oděvní výrobě týká především provozů s vyšším objemem výroby. Z toho vyplývá větší rozpracovanost výroby, více pracovních míst (se stejnou náplní práce), více komponent dopravníkového systému – více závěsů, a nutnost organizovat dopravu těchto závěsů v provozu. S přihlédnutím k technickému pokroku, snaze zvyšovat produktivitu práce, flexibilitě vyráběných produktů a v neposlední řadě s přihlédnutím ke snaze automatizace výroby, se problematika organizace závěsů po provozu značně komplikuje. Je třeba hledat možnosti definice dráhy jednoho každého závěsu pomocí moderních efektivních postupů, jež umožňují zvýšení produktivity práce. Podrobnější informace viz kap. 2.1.1 Dopravníkové systémy.

2.1.3 SYSTÉM ETON

Katedra oděvnictví TF TUL disponuje systémem ETON. Na základě k dostupnosti byl tento dopravník vybrán pro základní charakteristiku dopravníkových systémů. Výrobce je švédská firma ETON AB. Současná generace systémů ETON disponuje flexibilním řetězem na pracovním místě pro práci v sedě či ve stoje, ELC - Systémem elektronického adresování, založeném na technice čárového kódu nebo UPS (Unit Production System) – počítačově řízeným systémem s individuálním adresování na pracovní místa.

2.1.3.1 TECHNICKÉ A TECHNOLOGICKÉ PARAMETRY SYSTÉMU

Každé pracovní místo je vybaveno přívodovým řetězem, který umožňuje pracovníkovi dostatečně splnit zadanou práci nezávisle na tom, jestli se jedná o pozici vsedě nebo vestoje.

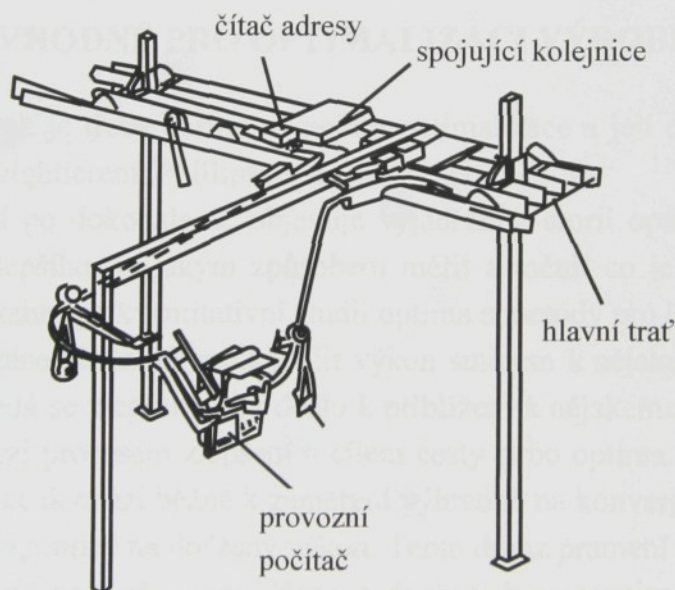
Rovněž umožňuje snadnou manipulaci s krátkými i dlouhými díly. Řetěz se skládá z několika řetězových článků, mezi články se nachází mezera s pružinovým háčkem, v těchto mezerách se dopravují jednotlivé nosiče. Existuje 40 druhů nosičů.

Adresování nosičů může být mechanické (každý nosič je opatřen mechanickým kódem) nebo elektronické (každý nosič je opatřen čárkovým kódem).

Jednotlivá pracoviště mají jednu nebo více kolejnic. Každá kolejnice má svou vlastní adresu, to znamená, že všechny kolejnice mohou přijímat nosiče nezávisle. Kolejnice jsou konstruovány jako nakloněné roviny, takto je umožněna snazší doprava nosičů z hlavní trati.

Na jednu kolejnici pracovního místa je možno poslat až 45 nosičů. Zde jsou seřazeny v čekací poloze do té doby dokud pracovník obsluhujícím přepínačem neposune nosič dopředu. Tento způsob umožňuje plnou přizpůsobivost systému pracovnímu rytmu pracovníka.

Hlavní trať je konstruována jako uzavřený kruh. Tažná dráha je v nepřetržitém provozu a je napájena elektromotorem. Každý nosič je unášen mezi jednotlivými pracovními místy a obsahuje informace o adresách pracovních míst, kterými musí vzhledem k technologii zpracování projít. Ovládání nosičů na pracovním místě je zajišťováno pneumaticky. Zkomprimovaný vzduch do systému dodává kompresor.



Obr. 5: Typické uspořádání pracovního místa u systému ETON

Technické parametry:

| | |
|---|--|
| Spotřeba elektrické energie k pohonu hlavní trati | 0,368 kW |
| Spotřeba komprimovaného vzduchu | 0,008 m ³ min ⁻¹ |
| Tlak vzduchu | 7 barů |
| Rychlost pohybu hlavní trati | 11 mmin ⁻¹ |
| ⇒ průchod 20 nosičů/ min pracovištěm | |
| Plocha, kterou zabírá pracoviště | 6m ² |

[30]

3 MOŽNOSTI ORGANIZACE ODĚVNÍ VÝROBY

Zvyšování celkové produktivity práce lze zajistit nejen zvyšováním produktivity práce jednotlivých subjektů samostatně, ale také zlepšováním organizace výroby jako celku.

Jednou z nezbytných podmínek organizace výroby je využívání matematických modelů a metod pro podporu řízení, a to zvláště na operativní úrovni.

Klasické matematické metody, jako jsou např. lineární programování, statistika nebo regresní a korelační analýza, jsou omezené různými požadavky (linearita, počet vzájemných vztahů, rozsah hodnot apod.). Navíc existují problémy, kde vůbec není možné tyto metody použít, protože je nelze popsat tradičními způsoby. Existence zpětných vazeb, skokové závislosti, náhodné rozhodování, poruchy, změna požadavků - to vše jsou aspekty, které jsou stále častěji součástí praktických problémů, a které způsobují selhání klasických metod.

Takže problém není jen v tom, že co víme neumíme řešit, ale také v tom, že nevíme co nevíme. [19]

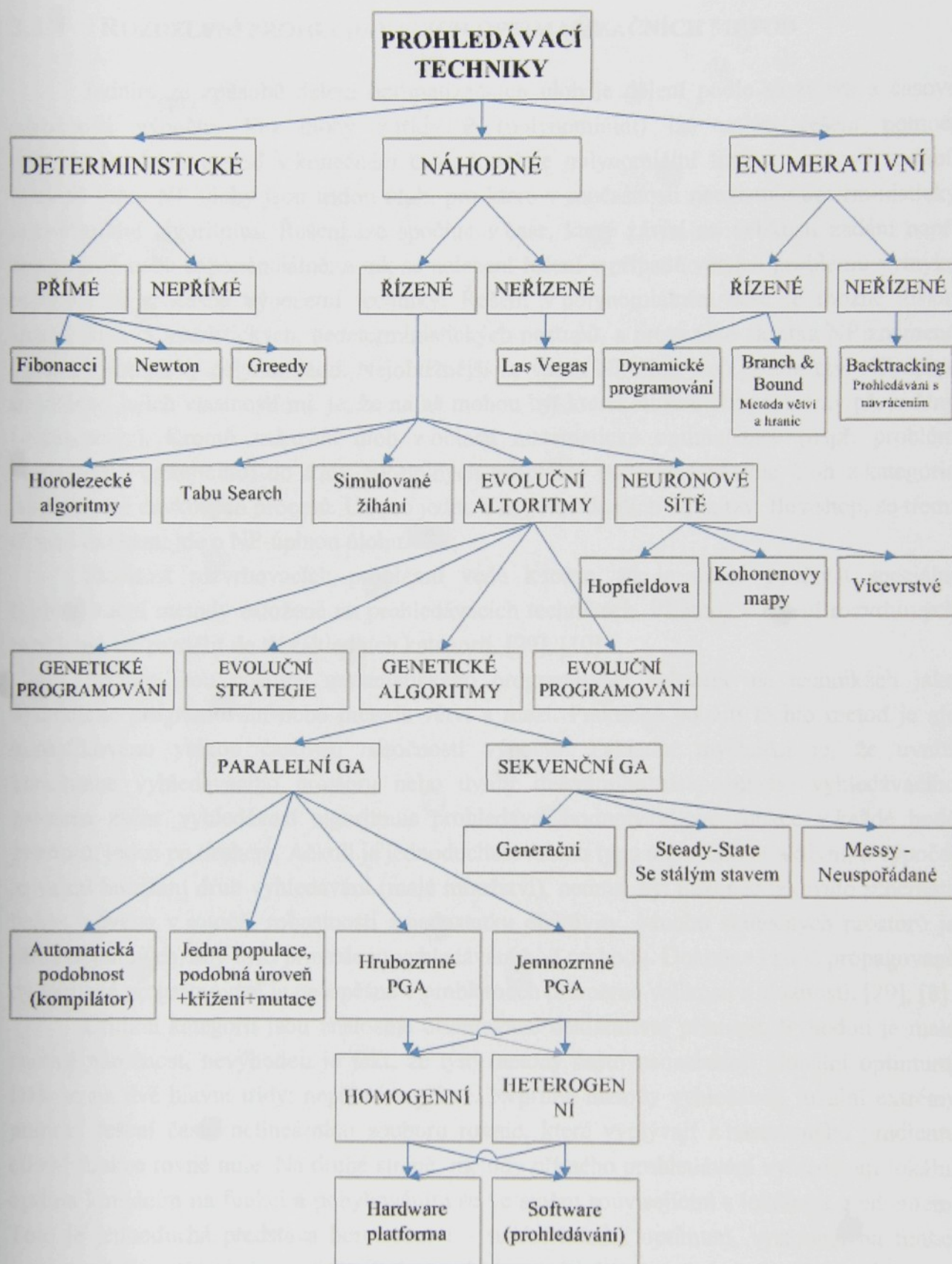
Proto stále vzniká mnoho nových metod a postupů, které se snaží tento problém uspokojivě řešit.

3.1 METODY VHODNÉ PRO OPTIMALIZACI VÝROBNÍCH ROZVRHŮ

Jako první krok je třeba definovat pojem optimalizace a její cíle. Tradiční pohled je dobře prezentován Beightlerem, Phillipsem a Wildem (1979):

„Člověk touží po dokonalosti, objevuje vyjádření v teorii optimalizace. Studuje, jak popsat a docílit Nejlepšího, ví jakým způsobem měřit a měnit co je Dobré nebo Špatné... Teorie optimalizace zahrnuje kvantitativní studii optima a metody pro jejich získávání“

Čili optimalizace hledá jak zdokonalit výkon směrem k nějakému optimálnímu bodu nebo bodům, tzn. hledá se zlepšení, aby došlo k přiblížení k nějakému optimálnímu bodu. Je vidět jasný rozdíl mezi procesem zlepšení a cílem cesty nebo optima. Bohužel v posuzování procedury optimalizace dochází běžně k zaměření výhradně na konvergenci (Dosáhne metoda optima?) a úplně se zapomíná na dočasný výkon. Tento důraz pramení z počátku optimalizace ve výpočtu. Avšak toto není přirozený důraz, a dochází k reorganizaci priorit optimalizace. Nejdůležitější cíl optimalizace je zdokonalení. Vlastní dosažení optima je pro komplexní systémy mnohem méně důležité. „Bylo by hezké být dokonalí, zatím se můžeme pouze snažit se zlepšit“. [8]



Obr. 6: Možná klasifikace prohledávacích algoritmů dle [9]

3.1.1 ROZDĚLENÍ PROHLEDÁVACÍCH OPTIMALIZAČNÍCH METOD

Jedním ze způsobů dělení optimalizačních úloh je dělení podle složitosti a časové náročnosti výpočtu. Pro úlohy z třídy P (polynomiální) lze nalézt řešení pomocí deterministických metod v konečném čase, který je polynomiální funkcí velikosti zadání. Naproti tomu NP úlohy jsou třídou úloh, pro které v současnosti neexistuje deterministický polynomiální algoritmus. Řešení lze spočítat v čase, který závisí na velikosti zadání např. faktoriálně nebo exponenciálně, a tak se nalezení řešení v případě větších problémů vymyká možnostem současné výpočetní techniky. Řešení v polynomiálním čase je možné získat jedině pomocí heuristických, nedeterministických postupů, a proto také zkratka NP znamená „nedeterministicky polynomiální. Nejobtížnější ze všech NP úloh jsou potom tzv. NP-úplné problémy, jejich vlastností mj. je, že na ně mohou být kterékoli jiné NP problémy převedeny (redukovány). Kromě známých úloh z oblasti matematické optimalizace (např. problém obchodního cestujícího) do třídy NP-úplných problémů patří také většina úloh z kategorie rozvrhování dávkových procesů. Už pro jednu z nejjednodušších úloh, tzv. flowshop, se třemi či více dávkami jde o NP-úplnou úlohu.

Složitost rozvrhovacích problémů vede k tomu, že je nutné používat speciální optimalizační metody založené na prohledávacích technikách. Přístupy k řešení rozvrhových problémů lze rozdělit do tří základních kategorií. [29], [10]

Prvním jsou postupy matematického programování založené na technikách jako dynamické programování nebo metoda větví a mezí. Praktické použití těchto metod je ale komplikováno velkou časovou náročností výpočtů. Základní myšlenka je, že uvnitř konečného vyhledávacího prostoru nebo uvnitř diskrétního nekonečného vyhledávacího prostoru začne vyhledávací algoritmus prohledávat hodnoty cílové funkce v každé bodě prostoru, jeden po druhém. Ačkoli je jednoduchost tohoto typu algoritmu atraktivní, a výpočet je velmi humánní druh vyhledávání (malé množství), nemusí být nakonec takováto schémata brána v úvahu v soutěži robustnosti z nedostatku efektivity. Mnoho skutečných prostorů je příliš objemných, aby bylo provedeno vyhledávání bod po bodu. Dokonce i silně propagované dynamické programování je neúspěšné v problémech průměrné velikosti a složitosti. [29], [8]

Druhou kategorií jsou znalostně orientované deklarativní přístupy. Výhodou je malá časová náročnost, nevýhodou je fakt, že tyto metody často nenacházejí globální optimum. Dělí se na dvě hlavní třídy: nepřímé a přímé. Nepřímé metody vyhledávají lokální extrémy pomocí řešení často nelineárního souboru rovnic, které vyplývají z nastaveného gradientu cílové funkce rovné nule. Na druhé straně, metody přímého prohledávání vyhledávají lokální optima kmitáním na funkci a pohybováním se ve směru souvisejícím s lokálním gradientem. Toto je jednoduchá představa horolezectví – nalézt lokální optimum, vystoupat na funkci v nejstrmějším přípustném směru. Zatímco obě tyto výpočtové metody byly zdokonalovány a rozšiřovány, některé jednoduché argumentace dokazují jejich nedostatek robustnosti. Zaprvé, obě metody jsou lokální v prostoru. Při prohledávání optima jsou nejlepší v blízkém okolí aktuálního bodu. Zadruhé, metody založené na výpočtu závisí na existenci derivací. I když se povolí numerická aproximace derivací, je to stále kritický bod výpočtu. Tyto metody, které

jsou závislé na omezujících podmínkách spjitosti a existenci derivace, jsou nevhodné pro vše kromě problému velmi omezeného pole působnosti. [8]

Třetí kategorií jsou stochastické optimalizační metody. Mezi nejpoužívanější patří genetické algoritmy, simulované žíhání a metoda tabu search. Je důležité si uvědomovat, že náhodné prohledávání nezbytně neznamená bezcílné prohledávání. [29], [8]

Výhody stochastických optimalizačních algoritmů jsou především v rychlosti výpočtu s poměrně malými nároky na hardware a jednoduchým programováním (výpočet končí v polynomiálně omezeném a především v praxi akceptovatelném čase). Algoritmy mají schopnost opustit lokální minimum, či maximum a nalézt globální optimum. Také umožňují ovlivnit kvalitu získaného řešení nastavením délky výpočtu, protože kvalita výsledku se obvykle s délkou výpočtu asymptoticky blíží ke globálnímu optimu. Výsledky lze použít i při řešení rozsáhlých problémů. Mezi nevýhody stochastických optimalizačních algoritmů patří to, že není zaručeno nalezení globálního optima v konečném počtu kroků, někdy skončí v dobrém suboptimu a algoritmy vyžadují konstrukci kritéria pro ukončení výpočtu. [29]

4 ŘEŠENÍ PROBLEMATIKY OPTIMALIZACE VÝROBNÍ LINKY V ODĚVNÍ VÝROBĚ

Problematice organizace vlastní výroby v oděvním průmyslu se v historii věnuje velké množství prací. Oděvní výroba je v podstatě komplikovaná, vyžaduje množství strojů, stovky zaměstnanců a tisíce dílčích montážních celků pro jednotlivé výrobky vyskytující se v různých provedeních současně. Tento fakt způsobuje, že jednotliví řešitelé se soustřeďují při svých studiích na konkrétní dílčí problémy, které přispívají k optimalizaci oděvní výroby jako celku. Bylo vytvořeno velké množství modelu oděvní výroby pro zjištění chování oděvní výroby a docílení zlepšení produktivity, snížení zásob a zlepšení kvality. Tyto modely se pohybují v rozmezí od plně deterministických k plně stochastickým modelům. Následující text obsahuje vybrané studie zabývající se problematikou optimalizace oděvních výrobních linek. Tento výběr jistě neobsahuje veškeré práce zabývající se touto tematikou, ale slouží jako průřez hlavními směry, kterými se tento výzkum v současné době orientuje.

Hui a Ng (1999) se snažili posoudit metody zjišťování času užívané pro vyvažování výrobní linky v oděvním průmyslu, snažili se prodiskutovat záludnosti těchto metod a doporučit možná řešení pro zvýšení efektivita navozování rovnováhy výrobní linky.

Vycházeli z předpokladu, že v oděvním průmyslu jsou výrobní linky obecně zaváděny pro hromadnou výrobu. Oděvní díly jsou vyráběny metodou postupných dílčích montáží a celkově kompletovány až v závěru výrobní linky. Návrh jednotlivých celků výrobní linky je zásadní problém pro efektivní výrobu. Sestává z přiřazení a vyvážení práce mezi jednotlivými pracovními místy výrobní linky tak, aby se minimalizovala ztráta vyváženosti, pracovní síla a nakonec celkové výrobní náklady.

Uvažovali, že při vyvažování výrobní linky se oděvní výrobce zajímá zda práce bude dokončena včas pro vyexpedování dodávky, jak jsou využívány výrobní stroje a zaměstnanci, zda se některé pracovní místo ve výrobní lince neopoždí oproti plánu a jak výrobní linka pracuje jako celek. Funkce mistra je zaručit, že práce (jednotlivé úkoly) je přidělována na jednotlivá pracovní místa rovnoměrně jak jen to je možné a také přidělovat příslušné pracovní úkoly na každé pracovní místo ve výrobní lince. Určení výrobního času pro každý pracovní úkol je rozhodující v navozování rovnováhy výrobní linky. Ideálně, každé pracovní místo ve výrobní lince by mělo obdržet stejné množství práce vyjádřené v časových jednotkách; jinak se ve výrobní lince objeví úzké místo.

Ve většině oděvních podniků je stanovování výrobního času pro každou operaci spojováno s SMV (Standard Minute Value). Základ SMV je v podstatě deterministický, je získáván z metod studia práce. Nicméně to nemůže odrážet reálnou výrobní prostředí, protože mnoho faktorů takových jako vlastnosti textilního materiálu a pomocného text. materiálu, výkon strojního zařízení, pracovní prostředí a míra kvality výrobků, může zapříčiňovat variabilitu času pracovních postupů. Taková variabilita času zpracování pracovních postupů

jednotlivých operací zapříčiňuje, že problému vyvažování výrobní linky v oděvní výrobě se stává mnohem komplikovanějším. [22]

Castro, A. Castro C. Mirón, Martinez, (2004) se zabývali metodami modulární (stavebnicové) výroby, které jsou založeny na principech filosofie „just in time“ (JIT). Tato výrobní filosofie, vyvinutá nejprve v japonských firmách, se zabývá hlavní konkurenční strategií, snížením výrobních cyklů, zvyšováním flexibility, kvalitou a snižováním nákladů. Základní princip JIT filosofie je, že klienti jsou zásobováni přesně v konkrétní okamžik, přesně požadovaným množstvím výrobků maximální kvality a výrobním procesem, který využívá minimální možnou zásobou a který je zbavený plýtvání nebo zbytečných nákladů.

Uvažují, že pokud se uváží specifické vlastnosti oděvní výroby, metody modulární výroby, které jsou založeny na principech filosofie JIT, tvoří jednu z možností, které jsou prezentovány jako realizovatelné alternativy pro tento výrobní sektor jako strategie k dosažení určité úrovně konkurenceschopnosti.

Hlavním tématem je přiblížit k nule akumulaci součástí čekajících na zpracování stejně tak jako dosažení následujících výsledků:

- Minimální investice do zásob
- Snížení časů výrobních dodávek
- Rychlejší reakce na požadované změny [2]

Velká skupina řešitelů se zabývala problematikou rozvrhování postupného výrobního toku hybrid flow shop (HFS). HFS se nalézá v mnoha výrobních systémech, mimo jiné také v oděvní výrobě. HFS zahrnuje řadu výrobních úseků, z nichž každý má několik strojů v paralelním provozu. Tok práce napříč výrobním podlažím je jednosměrný. Každé dílo je zpracováno jedním strojem v každém úseku a musí jít přes jeden nebo více úseků.

Na problém HFS bylo prováděno mnoho výzkumů. Některé z nich byly prováděny pomocí genetických algoritmů, proto jsou v tomto výčtu uvedeny i výzkumy, které se přímo netýkají problematiky oděvní výroby, ale jejich princip je v tomto typu výroby také akceptovatelný. Hoogeveena kol. (1996) řešil dva identické stoje v úseku 1 a pouze jeden stroj v úseku 2, aby minimalizoval „makespan“ (vytváření rozpětí) v NP-těžkém problému. Vignier (1996) navrhl dvě heuristické metody ve dvou případech, aby minimalizoval maximální zpoždění v problému paralelních strojů. Gusta a kol. (1997) uvedl hraniční (omezený) problém a hraniční (omezený) proces a heuristický problém, které byly aplikovány, aby získaly vstupní horní hranice. Fouse a kol. (1998) řešil hybridní tříúsekový flow shop problém v dřevozpracujícím průmyslu pomocí dynamického programování s „heuristickým základem“ a rozvětvení a hraničního problému s „heuristickým základem“. Zhang (1999) přezkoumal běžný výzkum HFS problému od dvou úseků ke k úsekům a diskutoval budoucí směr výzkumu.

Ve výzkumu těchto problémů výrobního plánování a rozvrhování se mnoho výzkumníků věnovalo mnoho pozornosti ranným a zdlouhavým modelům plánování výroby a jejich optimalizaci. Cleveland a Smith (1989) prozkoumal užití genetických algoritmů, aby

naplánoval uvolnění práce (díla) do výrobního zařízení, nazvané problém „sector release scheduling“. Gusta a kol. (1997) použil genetické algoritmy k minimalizaci „flowtime variance“ (nestejnost času toku) scheduling problému n prací jednoho stroje. Lee a Kim (1995) minimalizovali celkové zatížení ranných a zdlouhavých penále z běžných dat splatnosti použitím genetických algoritmů. Chung a kol (1991) navrhl pseudo-polynominální dynamický programovací algoritmus k minimalizaci celkového počtu pozdních prací a E/T penalizací kolem běžného data splatnosti. Shintaro a kol. (1999) použil Sahnisův algoritmus na problém plánování paralelních strojů, aby minimalizoval maximální kompletovací čas a maximální zpoždění. Plánování výrobního plánu v mnohoúsekovém výrobním provozu vyžaduje vytvoření rozhodujícího rozhodnutí na různých úrovních řízení.

Wong a kol.(2001) vypracovali příspěvek, který je zaměřen na rozvíjející se model plánování výroby a na HFS přiblížený genetickými algoritmy. Tento model být použit pro přípravu hlavního výrobního plánu a pro realizaci denního výrobního plánu podlaží. V oděvním průmyslu jsou hlavní výrobní plány vždy vyvinuty tak, aby splnily data dodávky dojednané se zákazníkem. V mnoha případech, objednávky výroby od stejného zákazníka jsou seskupeny dohromady do výrobního plánu. [33]

Keith a kol. (1998) řešil problematiku vyvážení výrobní linky v oděvním průmyslu pomocí genetických algoritmů. Klasická definice problému vyvážení výrobní linky znamená zorganizovat výrobní operace takovým způsobem, aby minimalizovaly počet pracovních míst na lince bez omezení vlastní výroby, a aby byl zachován výrobní takt. V oděvní výrobě, jelikož plán podlaží a počet pracovních míst je stálý, je tudíž obtížné, aby vyváženost výrobní linky byla minimalizována počtem pracovních stanic po celé výrobní lince. Proto tedy na místo přiřazení více než jednoho úkolu na pracovní místo, bude snaha o vyváženost výrobní linky směřována k minimalizaci času pauzy (to znamená součet časů nečinnosti všech pracovních míst). Čas pauzy může být minimalizován zdokonalením obratnosti obsluhy nebo redukováním procesu prodlení posílením metody manipulace s materiálem. V praxi to znamená, že vedoucí upřednostní přiřazení rozdílných úrovní dovedností pracovníků ke každé z pracovních stanic, aby minimalizoval úplný čas prodlev výroby.

Problematika minimalizace času pauzy byla řešena pomocí genetických algoritmů. [24]

Lze říci, že problematika optimalizace oděvní výroby, konkr. oděvní výrobní linky je významnou problematikou, která může přispět k vyšší konkurenceschopnosti výrobců. Z tohoto důvodu se řešitelé snaží na tuto problematiku aplikovat veškeré nově vzniklé postupy a metody neustále hledat nová řešení.

5 GENETICKÉ ALGORITMY

Genetické algoritmy (dále jen GA) patří mezi evoluční algoritmy, které jsou založeny na metafoře Darwinovy evoluční teorie o vývoji druhu a představují nový netradiční přístup k hledání optimálního (nebo suboptimálního) řešení složitých optimalizačních problémů, které nejsou řešitelné klasickými technikami založenými na technikách úplného prohledávání. GA jsou pravděpodobnostní metody přiblížení, které využívají přiblížení technického základu k ideálu podle přírodních genetických a vývojových principů. GA patří mezi základní stochastické optimalizační algoritmy s výraznými evolučními rysy.[14]

Evoluční algoritmy obecně, se dělí do několika skupin (viz Obr. 6), které se vyvíjely a vyvíjejí nezávisle a skoro současně. Rozdělení nevyplývá z velkých rozdílů týkajících se jejich funkčnosti, ale je založené spíše na historických faktorech a detailech implementace základního schématu algoritmu. Jejich biologická báze je ve skutečnosti stejná a všechny mají společné vlastnosti, jejichž základ tvoří optimalizace na bázi stochastických změn a soutěžení jednotlivých potenciálních řešení. [9], [31]

Základní vlastnosti genetických algoritmů popsal začátkem 60. let zakladatel této disciplíny – John Holand. V současné době jsou GA nejčastěji používanými evolučními optimalizačními algoritmy, se širokou paletou aplikací od optimalizace vysoko multimodálních funkcí, přes kombinatorní a graficko-teoretické problémy, až po aplikace nazývané „umělý život“. [15]

Všeobecně se rozdělují algoritmy na silné a slabé. Silné algoritmy se vyznačují vysokým výkonem, ale jsou určené pro řešení jen určitého okruhu úloh, většinou jde o konkrétní problém. Naproti tomu slabé algoritmy v ideálním případě řeší každou úlohu za cenu nižšího výkonu. GA patří do skupiny slabých algoritmů, nejsou specializované na konkrétní typ příkladu, stačí ho vyjádřit jako složky.

GA se liší od normální optimalizace a prohledávacích postupů ve čtyřech ohledech, které definoval Goldberg: [8]

1. GA pracují s kódováním souboru parametrů, ne s parametry samotnými.
2. GA prohledávají populaci bodů, ne samotný bod.
3. GA používají informaci přínosu (cílová funkce), ne odvozené nebo jiné pomocné znalosti.
4. GA používají pravděpodobnostní přechodová pravidla, ne deterministická pravidla.

Tyto čtyři rozdíly přispívají k robustnosti GA a z toho vyplývá výhoda proti ostatním běžněji užívaným technikám. [8]

GA jsou typickým představitelem prohledávacích algoritmů. Prohledávají prostor řešení problému, přičemž 1 bod prostoru představuje konkrétní n -tici hodnot parametrů řešení problému – konkrétní řešení. $(n+1)$ -ní rozměr určuje kvalitu řešení, vhodnost (fitness)

„zeptá“. Ohodnocení jedinců aktuální populace je se provádí na základě cílové funkce (fitness function). Kvalita řetězce jako jediná přímo závisí na problému, který se řeší. Způsob, jakým je získávána, nezasahuje do samotného běhu genetického algoritmu.

Cílem GA je prohledat celý prostor všech možných řešení a najít optimální řešení. Darwinova teorie evoluce se zakládá na tezi přirozeného **výběru**, podle které přežívají jen nejlépe přizpůsobení jedinci populace. Reprodukci dvou silných jedinců se dostávají potomci, kteří s vysokou pravděpodobností budou dobře přizpůsobeni k úspěšnému přežití. Při podrobné analýze (hlavně matematické) se ukazuje, že samotné působení reprodukce není dostatečně efektivní pro vznik dobře přizpůsobených jedinců s novými vlastnostmi, které významně ulehčují přežití. Do evoluce živé hmoty je nutné zapojit také tzv. **genetické operátory**, jako je **křížení** a **mutace**. Křížení samo o sobě znamená výměnu genetického materiálu, tedy částí řetězců mezi dvěma jedinci. Mutace náhodným způsobem ovlivňuje (kladně nebo záporně) genetický materiál populace jedinců, slouží na udržování genetické variace v populaci a tím brání, aby proces hledání sklouzl pouze do oblasti nějakého lokálního optima. [13], [9]

5.2 DEFINICE ZÁKLADNÍCH POJMŮ

JEDINEC

Jedince je z historického hlediska míněn řetězec znaků 0 a 1; celá nebo reálná čísla. Existuje i mnoho jiných modifikací, kdy jsou jedinci tvořeni maticemi, stromy, atd. Pomocí tohoto řetězce je zakódováno místo v prohledávaném prostoru (potencionální řešení). Větší množství jedinců tvoří generaci, která se zúčastňuje jednotlivých genetických operací.

| | |
|-------------------|--|
| GENERACE | Populace, tvořená skupinou jedinců v daném kroku genetického algoritmu – také je generací možno nazývat výpočtový cyklus. |
| REPRODUKCE | Genetická operace, která na základě fitness vybírá jedince do další generace. |
| KŘÍŽENÍ | Operace, při níž si dva náhodně vybraní jedinci z generace vymění navzájem část svého kódu. |
| MUTACE | Operace, při níž je náhodně změněn některý znak v řetězci. (V binárním řetězci se 0 mění na 1 a naopak). |
| FITNESS | Hodnocení (parametr), kvalita jedince ve vztahu k danému problému – účelová funkce. Má význam míry vhodnosti nebo úspěšnosti daného řetězce. |
| FENOTYP | Poloha, kterou kóduje daný řetězec. |
| GENOTYP | Kód řetězce. |
| LOCUS | Pozice prvku v jedinci (znaku v řetězci). |
| ALLELE | Hodnota prvku na dané pozici (locu). [ještě jeden odkaz] [31] |

5.3 PROČ GA?

Jedna velmi zajímavá vlastnost genetických algoritmů je, že jedinci v rámci jedné generace jsou volně rozptýleny po celém n -rozměrném prostoru omezeném pouze okrajovými podmínkami. Tzn., že GA uskutečňují paralelní prohledávání ve více směrech současně. Díky stavbě genetického algoritmu je jistota, že pokud některý jedinec nalezne vzhledem k zadaným podmínkám zajímavé řešení, tak ho příští generace bude zdokonalovat. Vzniká tedy jakýsi proces učení, který již v zárodku eliminuje velké množství variant neúspěšných a zároveň dochází k paralelnímu vyhledávání přípustných řešení.

Na rozdíl od běžných gradientových metod dokáží genetické algoritmy vyváznout z okolí lokálního extrému přibližovat se ke globálnímu extrému.

Klasické algoritmy jsou závislé na reálnosti matematického modelu systematicky prohledávající prostor dobrých i špatných řešení a tak nutně od jistého stupně složitosti problému překračují meze dané potřebou údajů v reálném čase za přijatelné náklady.

Další velmi výhodnou vlastností řešení založených na genetických algoritmech je možnost v průběhu výpočtu sledovat, který z parametrů nebo která z podmínek se stává omezující, případně naopak kterého parametru není dosahováno a řešení začíná konvergovat mimo pásmo přípustnosti. Lze pak operativně a velmi jednoduše zasáhnout formou změny priorit, termínů nebo změnou podmínek a ve vyhledávání přípustného řešení pokračovat bez jakékoliv ztráty informací z dosavadního průběhu výpočtu. U klasických metod je při jakékoli změně výchozích podmínek potřeba celý výpočet opakovat od začátku.

Datová náročnost, doba řešení problému a snadnost ovládnutí realizovaných programů je na takové úrovni, že je bez problémů možno zařadit tyto systémy do dílenského plánování.

Převaha genetických algoritmů se projevuje u složitých úkolů. Jsou schopné řešit optimalizační problémy s desítkami až stovkami proměnných. Obecně je možno říci, že se jedná o rozsáhlé nelineární problémy rozhodování za velké neurčitosti s mnoha faktory ovlivňujícími výsledek řešení. Tedy takové problémy, kde klasické metody neznají algoritmus řešení nebo jsou pro datovou náročnost nepoužitelné.

Jeden z důvodů síly genetických algoritmů je v samotné podstatě algoritmu hledání řešení, které spočívá v tom, že se nehledá nějaké určité řešení, ale skupinu přípustných řešení, z nichž se vybírá to nejlepší. Od klasických metod (například Monte Carlo) se genetické algoritmy odlišují způsobem, kterým se přibližujeme k řešení. Převaha genetických algoritmů se projevuje ve složitých problémech s mnoha parametry. [20], [31]

Aplikace výše popsaných metod nevyžaduje nejen radikální změnu struktury firmy, ale dokonce ani změnu technického vybavení.

- 1) Velmi složité exaktní výpočty u klasických metod vyžadující velké množství parametrů a požadavky na data, která prakticky není možné jednorázově dodat. Toto nahrazují genetické algoritmy efektivním způsobem vyhledávání mnohanásobným opakováním jednoduchých operací - náhodný výběr (selekce), křížení a mutace v prostředí, které zajišťuje učení.

- 2) Problematicky algoritmizovatelné řešení je nahrazeno výběrem nejlepšího řešení z velkého množství přijatelných řešení.
- 3) Při přerušení úlohy není nutno zahájit výpočet od začátku, jak je tomu u klasických metod, ale je možno pokračovat ve výpočtu.
- 4) Při změně počtu nebo rozsahu parametrů je nutno u klasických metod zpravidla měnit algoritmus výpočtu, což není v požadovaném reálném čase prakticky možné a omezení, která vyplývají z nutných zjednodušení prakticky vylučují jejich použitelnost. Genetické algoritmy umožňují měnit parametry i během výpočtu. Změny mají vliv pouze na délku výpočtu a umožňují tak uživateli sestavit operativní plán, který je možno kdykoli přizpůsobit měnícím se podmínkám a tak pomáhá nalézat průchodná řešení za respektování mnoha podmínek, parametrů, priorit a termínů. [20]

5.4 REPREZENTACE JEDINCŮ

5.4.1 KÓDOVÁNÍ

Kódování je klíčový problém pro správný průběh práce s GA. GA pracují s populací jedinců reprezentujících potenciaální řešení problému. Každý jedinec je obvykle reprezentován samostatným lineárním řetězcem charakteristik (vlastností) - chromozómem. Vlastnosti chromozómů jsou reprezentovány pomocí kódování. Takováto reprezentace (kód) představuje genotyp jedince a jeho interpretace v rámci řešeného problému, výsledek interakce všech genů se nazývá fenotyp.

Obvykle v GA představuje chromozóm vektor bitů, tj. hodnot 0 nebo 1. Pro většinu reálných inženýrských problémů však nelze přímo použít binární řetězovou reprezentaci. Potom je možno použít Grayův kód nebo celočíselný typ kódování. [13], [9]

Tab. 2: Příklady náhodně vytvořených výchozích generací prohledání maxima funkce

$$y = 40 \cdot (-x^2 + x)$$

| Binární kódování řetězce | Celočíselné kódování řetězce |
|--------------------------|------------------------------|
| 1. 1 1 1 1 0 0 1 1 | 1. 1 2 3 4 5 6 7 8 |
| 2. 0 1 0 1 0 1 0 1 | 2. 8 6 4 2 7 5 3 1 |
| 3. 0 0 0 1 1 1 0 1 | 3. 7 5 3 1 8 4 6 2 |
| 4. 0 0 1 1 1 0 0 1 | 4. 2 5 8 1 4 7 3 6 |
| 5. 0 1 1 0 0 0 0 0 | 5. 7 4 1 8 5 2 6 3 |
| 6. 1 0 0 0 0 0 1 1 | 6. 3 2 1 6 5 4 8 7 |
| 7. 0 0 0 0 0 1 1 1 | 7. 1 5 4 8 7 2 6 3 |
| 8. 1 1 1 1 1 0 0 0 | 8. 5 4 8 2 6 7 3 1 |

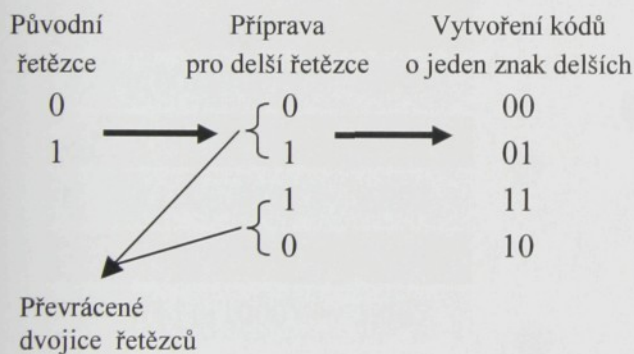
Pozn: Grayův kód zajistí, že dva sousední body prohledávaného prostoru se budou lišit pouze na jediné pozici řetězce. Nemůže tedy nastat až do extrému vyhnaná situace,

kdy se dva sousední řetězce liší na všech pozicích svého kódu. (Tato situace nastane pouze u řetězců délky 1).

Kód se může vytvářet tak, že se bude stavět od kratšího k delšímu. Tzn. začne se od řetězců délky 1. Zde jsou pouze dva řetězce 0 a 1. Z těchto řetězců se bude budovat kód, splňující zadanou podmínku. Nových řetězců bude dvakrát více. Dostanou se tak, že před každý již existující řetězec se přidá znak 0 a znak 1, čímž se z každého řetězce získají dva nové řetězce. Dalším cílem je tyto nové řetězce uspořádat do posloupnosti tak, aby se dva sousední lišili právě na jednom místě. Postup je tedy takový, že se napíše již existující řetězce pod sebe. Tyto řetězce se liší na právě jedné pozici. Protože bude řetězců v kódování o jeden znak delším dvakrát tolik, napíše se kratší řetězce ještě jednou, ovšem v *obráceném pořadí*. Vznikne sloupec řetězců, z nichž pro většinu z nich platí, že se od svých sousedů liší právě v jedné pozici. Pouze poslední řetězec v horní polovině a první řetězec v dolní polovině jsou stejné. Když se nyní před každý řetězec v horní polovině přidá znak 0 a před každý řetězec v dolní polovině znak 1, získá se tak přesně pořadí řetězců takové, že se dva sousední liší přesně v jednom místě.

Opakovaným použitím celého postupu lze získat řetězce libovolné délky.

Tab. 3: Řetězce kódované Grayovým kódem v délce čtyři v porovnání s binárním kódováním.



Obr. 8: Tvorba řetězců kódovaných Grayovým kódem.

| Grayův kód | Binární kód |
|------------|-------------|
| 0000 | 0000 |
| 0001 | 0001 |
| 0011 | 0010 |
| 0010 | 0011 |
| 0110 | 0100 |
| 0111 | 0101 |
| 0101 | 0110 |
| 0100 | 0111 |
| 1100 | 1000 |
| 1101 | 1001 |
| 1111 | 1010 |
| 1110 | 1011 |
| 1010 | 1100 |
| 1011 | 1101 |
| 1001 | 1110 |
| 1000 | 1111 |

NĚKTERÉ DALŠÍ ZPŮSOBY KÓDOVÁNÍ:

- víceznamková prezentace (možné hodnoty genů představuje abeceda s konečným počtem znaků)
- reálné kódování (možné hodnoty genů jsou reálná čísla)
- struktury (např. matice)
 - stromová prezentace (hlavně pro genetické programování) [9]

5.4.2 VÝPOČET FITNESS – KVALITY ŘETĚZCŮ

Každému jedinci musí být kromě kódu přiřazena také jeho kvalita – vhodnost (ohodnocení). Pro řešený problém je vždy nutné definovat funkci vhodnosti, která dekóduje genotyp jedince a vyhodnotí kvalitu řešení (genotyp) daného problému. [9]

Při každém opakování algoritmů je kvalita řetězce (fitness) $f(i)$ počítána pro každého jedince individuálně.

Tab. 4: Kvalita (fitness) náhodně vytvořené generace (použitá funkce $y = 40 \cdot (-x^2 + x)$ na intervalu $\langle 0,1 \rangle$).

| | |
|----|-----------------------|
| 1. | $f(11110011) = 1,794$ |
| 2. | $f(01010101) = 8,889$ |
| 3. | $f(00011101) = 4,031$ |
| 4. | $f(00111001) = 6,943$ |
| 5. | $f(01100000) = 9,389$ |
| 6. | $f(10000011) = 9,992$ |
| 7. | $f(00000111) = 1,067$ |
| 8. | $f(11111000) = 1,067$ |

5.5 REPRODUKCE**5.5.1 SELEKCE**

Tato část GA zabezpečuje výběr jedinců z populace, kteří se budou reprodukovat (výběr rodičů). [9]

Při reprodukci se do nové generace kopírují řetězce ze staré (původní) generace. Požaduje se, aby se do nové generace lepší řetězce dostaly s větší pravděpodobností. Pravděpodobnost výběru je určena fitness (kvalitou) řetězce, vhodností jedince. [13]

Existuje několik skupin metod selekce rodičů:

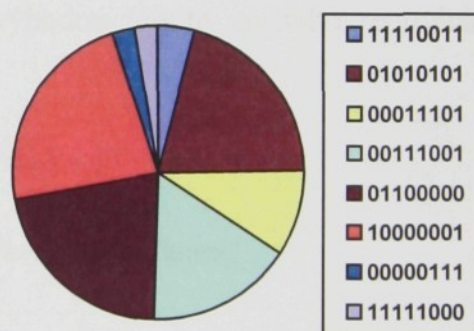
1. METODY ZALOŽENÉ NA OČEKÁVANÝCH HODNOTÁCH (RULETOVÉ METODY)

Ruletový výběr má kombinaci dvou metod výběru – *náhodný výběr* a výběr zohledňující pouze *absolutní úspěšnost*. Náhodný výběr vůbec nezohledňuje fitness řetězců, které se vybírají pouze náhodným generováním. Výběr podle absolutní úspěšnosti spočívá v postupu, kdy se řetězce populace setřídí podle hodnoty fitness od nejméně úspěšných po nejméně úspěšné a vybírá se zvolený počet nejméně úspěšných. [31]

Názorná ukázka je v následujícím příkladě (viz obr. 9, tab. 5, 6). Každému jedinci se přiřadí výsek velikosti úměrně jeho relativnímu ohodnocení. Při každém roztočení rulety je vybrán ten jedinec, v jehož výseku se kulička zastaví. Toto se opakuje, dokud není vybrán dostatečný počet jedinců. [9]

Tab. 5: Pravděpodobnosti pro vylosování ve vážené ruletě (použitá funkce $y = 40 \cdot (-x^2 + x)$).

| Řetězec | f | pravděpodobnost (%) |
|--------------------------|-------|---------------------|
| 11110011 | 1,794 | 4,16 |
| 01010101 | 8,889 | 20,59 |
| 00011101 | 4,031 | 9,34 |
| 00111001 | 6,943 | 16,08 |
| 01100000 | 9,389 | 21,75 |
| 10000011 | 9,992 | 23,14 |
| 00000111 | 1,067 | 2,47 |
| 11111000 | 1,067 | 2,47 |
| průměrná kvalita řetězce | 5,397 | |



Obr. 9: Velikost výsečí na ruletě.

$$P = \frac{f_j}{\sum_{j=1}^n f_j} [\%] \quad (1)$$

P pravděpodobnost vylosování

f_j fitness řetězce

Tab. 6: Vylosovaná generace a kvalita (fitness) jejích jedinců

| Řetězec | f |
|--------------------------|-------|
| 00111001 | 6,943 |
| 01010101 | 8,889 |
| 01010101 | 8,889 |
| 10000011 | 9,992 |
| 01100000 | 9,389 |
| 10000011 | 9,992 |
| 00000111 | 1,067 |
| 01100000 | 9,389 |
| průměrná kvalita řetězce | 8,069 |

2. TURNAJE

Z generace se náhodně vybere k řetězců a do nové generace postoupí nejsilnější z nich, tzn. jedinec s největší vhodností. Přitom, je-li jedním z vybraných řetězců nejsilnější řetězec, je s pravděpodobností $1,0$ propagován do další generace. Naopak nejhorší řetězec prakticky nemá šanci dostat se do další generace. Největší výhodou tohoto způsobu reprodukce je rychlost, s jakou k reprodukci dochází. [13]

Zde je použita následující generace s uvedenými kvalitami:

Tab. 7: Náhodně vytvořená generace řetězců a jejich kvalita (fitness)

| Náhodné řetězce | Kvalita |
|-----------------|-----------------------|
| 1. 11110011 | $f(11110011) = 1,794$ |
| 2. 01010101 | $f(01010101) = 8,889$ |
| 3. 00011101 | $f(00011101) = 4,031$ |
| 4. 00111001 | $f(00111001) = 6,943$ |
| 5. 01100000 | $f(01100000) = 9,389$ |
| 6. 10000011 | $f(10000011) = 9,992$ |
| 7. 00000111 | $f(00000111) = 1,067$ |
| 8. 11111000 | $f(11111000) = 1,067$ |

Nyní se provede 8 losování dvojic pro reprodukci ($k=2$), např.: (1;4), (6;7), (3;5), (2;8), (3;7), (2;6), (1;7), (3;8). Výsledkem této reprodukce pak bude generace popsána v následující tabulce.

Tab. 8: Generace po turnajové reprodukci.

| Řetězce | Kvalita řetězců |
|-------------|-----------------------|
| 1. 00111001 | $f(00111001) = 6,943$ |
| 2. 10000011 | $f(10000011) = 9,992$ |
| 3. 01100000 | $f(01100000) = 9,389$ |
| 4. 01010101 | $f(01010101) = 8,889$ |
| 5. 00011101 | $f(00011101) = 4,031$ |
| 6. 10000011 | $f(10000011) = 9,992$ |
| 7. 11110011 | $f(11110011) = 1,794$ |
| 8. 00011101 | $f(00011101) = 4,031$ |

Zatímco průměr kvalit řetězců původní generace byl 5,397, tak průměr kvalit řetězců generace získané po provedení reprodukce je 6,883. Toto znamená nárůst průměrné kvality generace.

Tento nárůst je sice menší, než tomu bylo u rulety, kde průměrná kvalita řetězce ve vylosované generaci byla 8,069. Nicméně oproti ruletě je tento způsob reprodukce výrazně rychlejší. [13]

3. NÁHODNÝ VÝBĚR

Rodiče jsou vybíráni náhodně se stejnou pravděpodobností výběru, resp. pravděpodobnost výběru může být daná také nějakou funkcí. [9]

4. OŘEZÁVÁNÍ

Jedinci populace jsou seřazeni podle vhodnosti. Potom je takto seřazená populace rozdělena na dvě části podle daného parametru, přičemž z jedné populace nebudou jedinci vybíráni jako rodiče a z druhé budou vybíráni buď náhodně se stejnou pravděpodobností, nebo se deterministicky každý stává rodičem.

Všechny uvedené metody jsou vzájemně provázané a je možné jednu metodu redukovat na jiné. [9]

5.5.2 NÁHRADA

Tato část GA zabezpečuje výběr jedinců, kteří přežívají a přecházejí do další generace. Typy metod:

1. Do další generace se vybírá pouze mezi potomky. Musí být zabezpečeno, aby byl nagenеровán dostatečný počet potomků. Populace jedinců tedy přežívá jen jednu

generaci. Takový přístup se nazývá *generační náhrada*. Při výběru jedinců mezi potomky je možné využít libovolnou metodu selekce, případně deterministický výběr.

2. Do další generace se vybírá jak mezi potomky, tak také mezi jedinci původní populace, která se nahrazuje. A to buď tak, že se obě skupiny sloučí do jedné a z ní se vybírá nová populace, tzv. *aditivní přístup*. Nebo se používá *disjunktivní přístup*, kde se určitá část (na základě parametru) vybírá mezi jedinci původní populace a zbytek mezi potomky. Výběr je opět možné udělat libovolnou z metod selekce, případně deterministicky.

Jestliže samotná náhrada nezaručí, že nejlepší jedinec vždy přejde do nové populace, tak tam může být *deterministicky přenesen*, čímž se zabezpečí neklesající průběh maximální vhodnosti populace po generaci (typicky bude mít schodovitý tvar). Tento přístup se též nazývá elitářství. [9]

5.5.3 ELITÁŘSTVÍ

V případě, že každý z řetězců bude zabírat téměř stejnou část rulety při losování. (např. v generaci o 100 řetězcích, bude pravděpodobnost vylosování nejlepšího v jednom tahu jen o něco málo překračovat $\frac{1}{100}$). Může se tedy stát, že se nejlepší dosud nalezený řetězec nedostane do další generace. Aby se zabránili tomuto jevu, přidává se do algoritmu nová operaci – elitářství. **Elitářství** funguje tak, že se definuje, že budeme určitý počet m ; $m < n$ (kde n je počet řetězců v generaci) nejlepších řetězců propagovat do další generace. (m je typicky rovno 1). To znamená, že ještě než se začne s losováním nové generace (reprodukcí), pošle se automaticky do nové generace m nejlepších řetězců z generace předchozí. Tyto řetězce se v daném kroku nezúčastňují ani křížení, ani mutace.

Právě popsaný mechanismus účinně zamezuje možnosti ztráty nejlepšího dosud nalezeného řetězce – tj. nejlepší nalezená hodnota se již nezhorší. [13]

5.5.4 SELEKČNÍ TLAK

Jednou z vlastností selekčních metod je selekční tlak: upřednostňování K nadprůměrných jedinců. Podstatou GA je zabezpečení vhodného selekčního tlaku výběrem metody a nastavením jejích parametrů. Protože jakmile by byl selekční tlak malý, případně pokud by chyběl, prohledávání bude probíhat jako náhodný výběr. A naopak pokud by byl příliš velký, populace předčasně zkonverguje do určitého bodu prostoru, který nemusí být hledaným extrémem, a vymizí z něho genetický materiál. Proto se obvykle selekční metoda nedává do selekce i náhrady, ale jen na jedno místo v algoritmu. [9]

5.6 GENETICKÉ OPERÁTORY

Porovná-li se průměrná kvalita řetězců původní a vylosované generace v příkladech prezentujících metody selekce (obr. 9, tab. 5-8), je vidět, že zde došlo k výraznému nárůstu. Nicméně tím, že se zatím pouze kopírovaly řetězce, tzn. přesouvaly z původní do nové generace, nebyl nalezen žádný řetězec, který by se lišil od řetězců v původní generaci. Navíc se v nové generaci objevily stejné řetězce. Kdyby se tedy pro vývoj populace používala pouze opakovaně prováděná reprodukce, degenerovala by populace takovým způsobem, že by se v ní po čase objevovalo několik nejlepších řetězců z počáteční generace. Nedosáhlo by se tak v žádném případě toho, že by se v nových generacích objevovaly řetězce, které by byly lepší, než řetězce v počáteční generaci. Za účelem zlepšování kvality řetězců jsou zde genetické operátory. [13]

Aplikací genetických operátorů na rodiče vznikají jejich potomci. Tyto operátory umožňují vznik nových struktur v potomcích. Je možné je používat volně a nadefinovat libovolný vlastní operátor. Konečné potomky lze získat buď sériovou postupností operátorů nebo jejich paralelní aplikací, resp. vzájemnou kombinací těchto přístupů v pravděpodobnostním smyslu (tj. operátor je skutečně použit je s určitou pravděpodobností danou jako parametr GA).

Genetické operátory je možné rozdělit do tří skupin:

- *Asexuální*
aplikují se na jednoho rodiče, přičemž k němu přidávají novou genetickou informaci.
- *Sexuální*
aplikují se na dva rodiče, přičemž vhodně promíchají jejich genetický materiál.
- *Panmiktické*
aplikují se na více jak dva rodiče a také pouze vhodně promíchávají genetický materiál rodičů. [9]

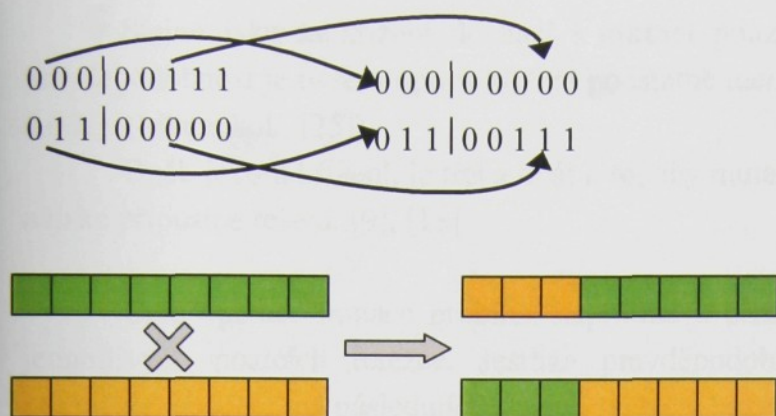
5.6.1 KŘÍŽENÍ

Křížení patří mezi sexuální genetické operátory. Tato operace spočívá ve výměně informací mezi řetězci. Celý mechanismus křížení začíná náhodným výběrem dvou řetězců z nově vylosované populace. Tyto dva řetězce lze chápat jako dva rodiče. Jejich potomci budou potom obsahovat genetické informace svých rodičů. Každý z potomků bude přitom obsahovat z každého předka pouze část informace. [24]

Ke křížení dvou vybraných řetězců však nedochází vždy. Zpravidla bývá určena jistá **pravděpodobnost**, se kterou ke **křížení** dojde - mezi 0,6 ÷ 1,0 dle [25] nebo také 0,3 dle [7].

Jelikož v řetězci délky n existuje $n-1$ míst, kde jej lze rozdělit na dvě části, zvolí se nejdříve místo, kde k rozdělení dojde. To se učiní náhodnou volbou.

Je možné také stanovit body křížení pro celou populaci k řetězců o délce n pozic, tzn. že je k dispozici $k*n-1$ bodů křížení. [13]



Obr. 10: Překřížení na třetí pozici

Je možné též použít nejen 1- bodové křížení, ale také 2- a více bodové křížení.

Ukázka změny fitness u potomků vzniklých z rodičů ze 7. a 8. pozice vylosované generace z Tab.6:

Kvalita rodičů před křížením.

$$f(00000111) = 1,067$$

$$f(01100000) = 9,389$$

Kvalita potomků vzešlých z křížení.

$$f(00000000) = 0$$

$$f(01100111) = 9,631$$

První potomek dopadl při vyhodnocení zcela katastrofálně a díky nulové kvalitě nemá šanci projít přes další provedení reprodukce. Oproti tomu druhý potomek je silnější než kterýkoli z jeho rodičů. Přestože byl tedy jeden z řetězců velmi slabý, přineslo jeho křížení do generace nový, velice silný řetězec. Přínosem křížení nemusí být ovšem pouze vytváření lepších řetězců. Díky křížení může vzniknout řetězec s takovým rozložením vlastností (jedniček a nul), že neexistuje v generaci žádný jemu podobný řetězec (například s každým řetězcem se bude lišit na čtyřech místech). Takovýto řetězec se může nacházet v zatím neprozkoumané množině možných řešení. Tento fakt poněkud vysvětluje, proč genetický algoritmus prohledává zpravidla větší část definičního prostoru funkce. [13]

Existuje mnoho různých typů křížení, vždy je však potřeba volit takový mechanismus, aby křížením vznikl opět řetězec, který reprezentuje nějaké přípustné řešení. Výběr vhodného typu křížení závisí na konkrétní aplikaci. [9],

5.6.2 MUTACE

Posledním krokem ve vytváření nové generace je mutace. Mutace je příkladem asexuálního genetického operátoru. Mutace příliš nezasahuje do vzhledu nové generace, ale plní velmi důležitou funkci udržování genetické variability v populaci a tím brání, aby proces hledání sklouzne pouze do oblasti nějakého lokálního optima.

Stejně jako ke křížení dochází k **mutaci** pouze s určitou **pravděpodobností**. Tato pravděpodobnost je ovšem oproti křížení podstatně menší – hodnoty menší než 0,1 (například 0,001). (Man a kol., [25]).

Opět, jako u křížení, je třeba dbát o to, aby mutací narušený řetězec opět reprezentoval nějaké přípustné řešení. [9], [13]

Celá operace mutace probíhá, například u binárních řetězců takto; Postupuje se po jednotlivých pozicích řetězce. Jestliže pravděpodobnost definuje, že k mutaci nedojde, pokračuje se dále na následující pozici řetězce beze změny. Jestliže definice určuje, že k mutaci má dojít, změní se hodnota na dané pozici řetězce na opačnou. Tzn. je-li na této pozici hodnota 1, změní se na nulu a naopak.

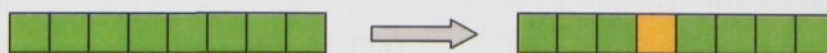
Důležitost mutace je předvedena na následujícím příkladě.

Řekněme, že víme, že nejlepší řetězec který může vzniknout obsahuje na páté pozici jedničku. Náhodným losováním vznikla generace, v níž žádný jedinec neobsahuje na páté pozici jedničku. V tomto okamžiku nelze nikdy získat nejlepšího jedince pouze pomocí reprodukce a křížení. Nejlepší jedinec by mohl vzniknout pouze tak, že by některý jedinec na páté pozici zmutoval a v některém dalším křížení by vhodně předal svoji informaci.

Mutace může také pomoci v situaci, kdy jsou si všechny řetězce velmi podobné. Extrémním případem takové situace je například stav, kdy se do první, náhodně vylosované generace dostane jeden velmi silný řetězec a zbytek řetězců bude slabý. V takovém případě může nastat situace, kdy se do další generace dostanou pouze exempláře jediného silného řetězce. Nastane-li takováto situace, lze dostat jiný řetězec pouze tak, že některý z exemplářů zmutuje. Tato funkce mutace funguje i v neextrémních případech, kdy pomáhá udržet různorodost generace. [13]

PŘÍKLAD MUTACE ŘETĚZCE

| | | |
|------------------------------------|----------|-----------------------|
| řetězec – zmutuje na čtvrté pozici | 01100111 | $f(01100111) = 9,631$ |
| ⇒ vznikne řetězec | 01110111 | $f(01110111) = 9,956$ |



Obr. 11: Mutace na čtvrté pozici (řetězec z Tab.6)

Zmutovaný řetězec je silnější než řetězec původní, tzn. že mutace v tomto případě pomohla zlepšit kvalitu daného řetězce.

V případě binárního kódování řetězců připadá do úvahy v podstatě jen změna hodnoty bitu na jeho doplňkovou hodnotu, jak je ukázáno výše. Při kódování číselných řetězců ve formátu celých nebo reálných čísel existuje několik dalších alternativ.

– *Aditivní mutace.*

Při aditivní mutaci se k původní hodnotě genu připočítá náhodná hodnota z určeného rozsahu.

– *Multiplikativní mutace.*

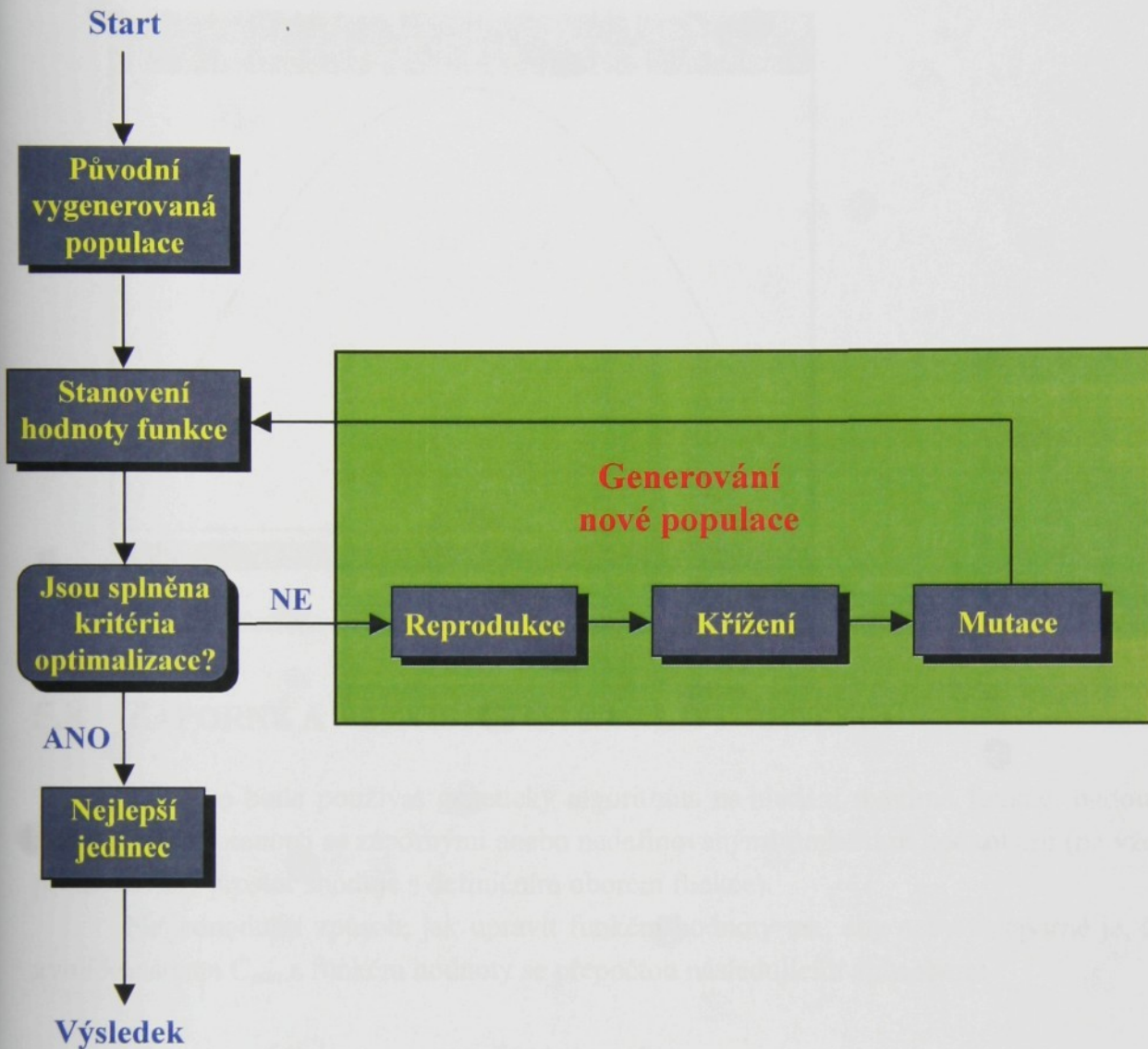
Při multiplikativní mutaci se původní hodnota genu vynásobí náhodným číslem z určeného rozsahu.

Velikost rozsahu dovolených změn se dá v obou případech mutace rozlišovat mezi globálním charakterem prohledávání (velký rozsah změn) a lokálním charakterem (malý rozsah změn). Globální prohledávání je vhodné ve fázi, když ještě není představa o poloze globálního extrému a při lokální prohledávání se může jednat o upřesnění řešení v závěrečné fázi hledání. [31]

Procesy křížení a mutace se společně řadí k reprodukci. Konečný výsledek je nová generace a celý proces se opakuje. Po čase, tento algoritmus konverguje v rámci populace s menší a menší variabilitou odchylek mezi jedinci. Jestliže GA pracuje dobře, populace konverguje k dobrému řešení, které obsahuje optimalizaci problému a nejlepší jedinec populace po mnoha generacích je pravděpodobně nejlépe přiléhající ke globálnímu optimu.

5.7 ZÁKLADNÍ TVAR GA

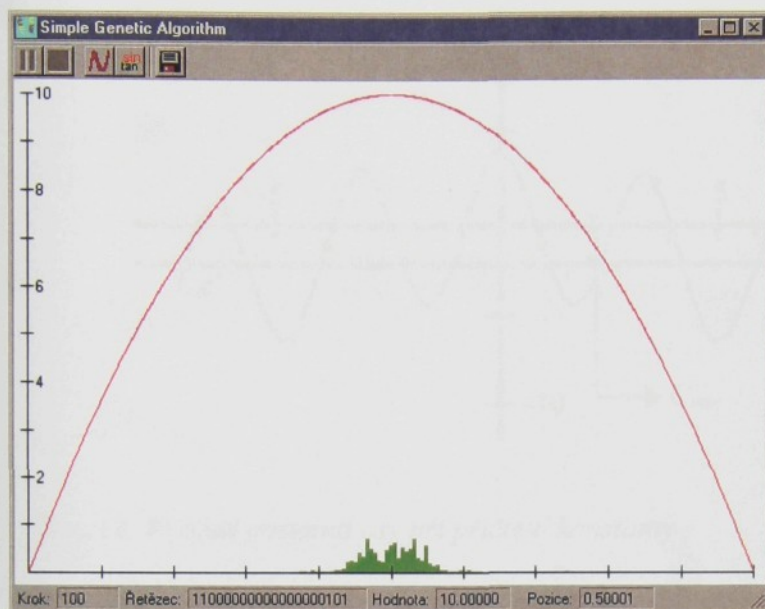
- Vytvoření počáteční generace.
- Určení kvality řetězce každého jedince v počáteční generaci.
- Provádění následujících kroků, dokud není konečná podmínka (stav) správná:
 - vytvoření nových jedinců spojením jedinců z poslední generace použitím genetických operátorů výběr (reprodukce), křížení a mutace;
 - určení kvality řetězce každého nově vzniklého jedince;
 - vytvoření nové generace vložím nových a odstraním starých jedinců v poslední generaci.
- Zvolení nejlepšího jedince (jedinců). [24]



Obr. 12: Postup práce GA

Je třeba poznamenat, že výše uvedené schéma GA není jediné možné a jediné používané. Volba struktury genetického algoritmu může záviset na typu úlohy, ale také na zvyklostech a zkušenostech autora. [31]

Snahou GA je získávat co nejlepší řetězce. Celý algoritmus je přitom velmi jednoduchý. Skládá se pouze ze tří operátorů – reprodukce, křížení, mutace. Každý z těchto operátorů používá náhodný výběr (tzn. nejedná se o deterministickou metodu). Algoritmus zde popsáný je základní verzí algoritmu. Podstatné rysy tohoto algoritmu se pak objevují ve všech aplikacích. Samotná základní (výše popsaná) verze algoritmu přitom může dosahovat velmi dobrých výsledků. [13]



Obr. 13: Rozložení řetězců v poslední generaci průběhu GA (funkce $y = 40 \cdot (-x^2 + x)$)

5.8 ZÁPORNÉ A NEEEXISTUJÍCÍ KVALITY ŘETĚZCŮ

Když se bude používat genetický algoritmus na hledání maxima funkce, budou zde nastávat nepříjemnosti se zápornými anebo nedefinovanými funkčními hodnotami (ne vždy se prohledávaný prostor shoduje s definičním oborem funkce).

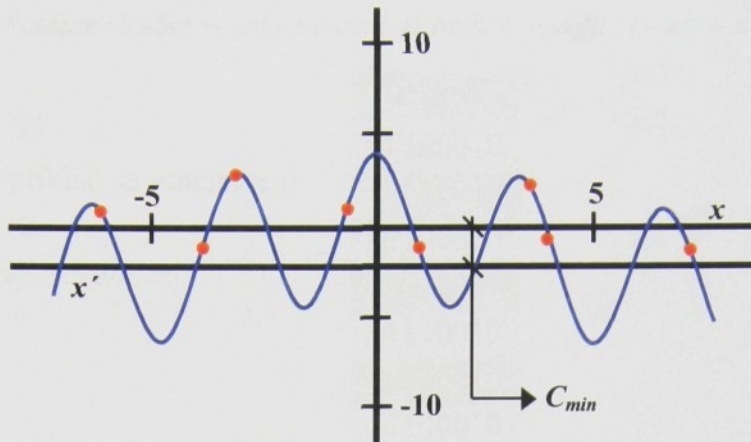
Nejjednodušší způsob, jak upravit funkční hodnoty tak, aby nebyly záporné je, že se zvolí konstanta C_{min} a funkční hodnoty se přepočtou následujícím způsobem:

$$f'(x) = \begin{cases} f(x) + C_{min} & \text{pro } f(x) + C_{min} > 0 \\ 0 & \text{jinak} \end{cases} \quad (2)$$

$f(x)$ původní hodnota funkce

$f'(x)$ přepočtená hodnota

Důležitý je způsob, zvolení konstanty C_{min} . Jedna z možných voleb je vybrat konstantu C_{min} jako absolutní hodnotu nejmenší funkční hodnoty, vyskytující se v posledních k generacích. [13]



Obr. 14: Příklad posunutí osy při přičtení konstanty

Na obrázku je nakreslena funkce, která nabývá záporných hodnot. Červenými body jsou vyznačeny funkční hodnoty v bodech, které jsou kódovány jednotlivými řetězci obsaženými v generaci. Osa x je posunuta do osy x' . Vzdálenost os x , x' je právě rovna konstantě C_{min} . Na tvaru funkce (jejím průběhu) se nic nemění.

Problém, se kterým se musí vypořádat prakticky každá metoda na hledání maxima funkce je problém neexistující funkční hodnoty v bodě. Nejinak je tomu u genetických algoritmů. Existuje mnoho možných řešení. Nejjednodušší je nahrazovat nedefinované kvality hodnotou 0. Tento způsob není vždy nejlepší, neboť může vést k tomu, že velmi utrpí různorodost řetězců v generaci. Řetězec s nulovou kvalitou nemůže být vylosován do další generace.

Další možností je kódovat přesně definiční obor funkce. Tím se zajistí, že každý řetězec bude mít kvalitu. Tento postup nelze aplikovat vždy. Existují funkce, u nichž je zjištění maxima přibližně stejně složité, jako určení definičního oboru. Pokud není uvedeno jinak, bere se za definiční obor ten interval, v němž lze příslušné operace provést.

Existuje mnoho dalších způsobů, jak řešit tento problém. Pro mnoho úloh, které se řeší genetickými algoritmy existují specifické možnosti, jak se s neexistencí kvality řetězce vyrovnat. [13]

5.9 TEORIE SCHÉMAT GA

Pro matematický popis a analýzu teorie GA je třeba zavést pojem *schéma*. Schématem se rozumí „šablona“ řetězce stejné délky, jako je řetězec v generaci s tím rozdílem, že kromě znaků 0, 1 (pro binární řetězec), obsahuje také znaky *, které zde slouží jako zástupný symbol. Řetězec se shoduje se schématem, jestliže se shodují všechny znaky řetězce a schématu, na pozicích, na kterých se ve schématu nachází znak 0 nebo 1. Tyto pozice se pro zjednodušení nazývají *určenými*.

Tab. 9: Řetězce shodné se schématem (viz funkce $y = 40 \cdot (-x^2 + x)$)

| | Řetězec |
|----------------------------------|----------|
| | 00100010 |
| Tedy například se schématem | 00110010 |
| **1*0010 | 01100010 |
| se shodují řetězce \Rightarrow | 10100010 |
| | 01110010 |
| | 10110010 |
| | 11100010 |
| | 11110010 |

Schéma tedy určuje celé třídy podobných řetězců. Implicitně se prohledává současně vícero schémat, jde o tzv. **paralelismus schémat**.

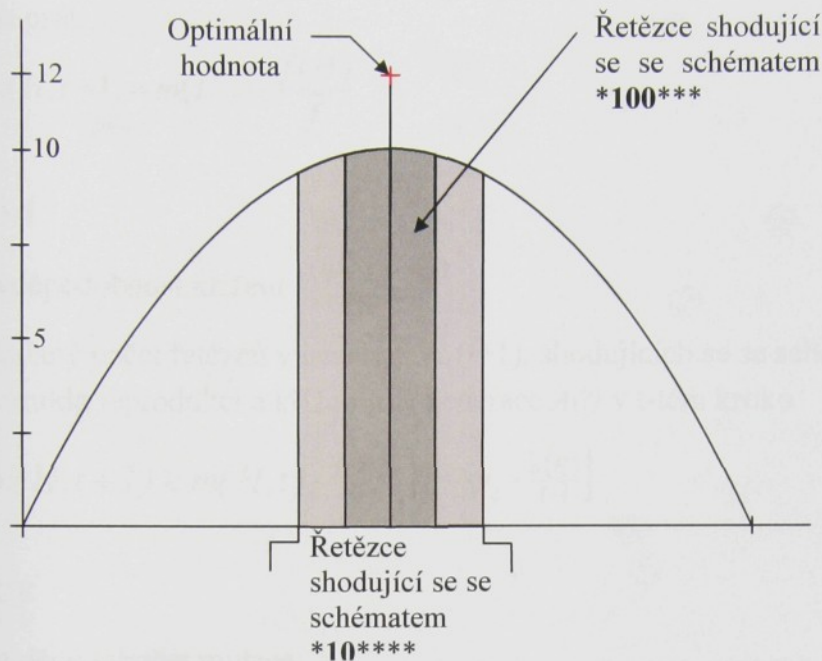
V závislosti na počtu určených pozic schématu (pozice obsahující znak 0 nebo 1) se liší počet řetězců, které se se schématem shodují. Čím více je určených pozic ve schématu, tím méně řetězců se s ním může shodovat.

Počet řetězců v generaci shodujících se s daným schématem však také závisí velkou měrou i na rozložení určených pozic ve schématu.

Kvalita schématu v generaci se definuje jako průměr kvality všech řetězců v generaci, shodujících se s daným schématem.

Aby se mohlo lépe rozlišovat mezi právě popsanými vlastnostmi schémat, zavádí se dva nové pojmy – **Délka** a **řád** schématu (z anglického *defining length* a *order*). **Délkou** $\delta(H)$ schématu H se rozumí vzdálenost mezi první a poslední určenou pozicí schématu. **Řádem** $o(H)$ schématu H se rozumí počet určených pozic schématu (např. schéma $H=01**1***$, potom $\delta(H)=5-1=4$ a $o(H)=3$). [13]

| | |
|-------------|---|
| $\delta(H)$ | délka schématu H |
| $o(H)$ | řád schématu H |
| n | počet prvků generace |
| $m(H,t)$ | počet prvků shodujících se schématem H v generaci po t -tém kroku |
| $A(t)$ | populace, která vznikne po t -tém kroku |
| $m(H,t+1)$ | očekávaný počet řetězců v $t+1$ -ním kroku algoritmu |



Obr. 15: Schémata v grayově kódu (funkce $y = 40 \cdot (-x^2 + x)$)

5.9.1 PŘEŽITÍ SCHÉMATU V GENERACI

Otázkou zůstává, jak se v generaci vyvíjí počet řetězců shodujících se s daným schématem v průběhu genetického algoritmu. Jaký lze očekávat počet řetězců $m(H, t+1)$ v $t+1$ -ním kroku algoritmu.

REPRODUKCE

Pravděpodobnost vylosování i -tého řetězce
$$p_i = \frac{f_i}{\sum f_j} \quad (3)$$

f_i kvalita i -tého řetězce v generaci

$\sum f_j$ součet kvalit všech řetězců v generaci

$f(H)$ kvalita schématu H v generaci (průměr kvalit všech řetězců v generaci shodujících se se schématem H)

Očekávaný počet řetězců shodujících se se schématem H

$$m(H, t+1) = m(H, t) \cdot n \cdot \frac{f(H)}{\sum f_j} \quad (4)$$

Průměrná kvalita řetězce v generaci

$$\bar{f} = \frac{\sum f_j}{n} \quad (5)$$

Potom lze psát:

$$m(H, t+1) = m(H, t) \cdot \frac{f(H)}{f} \quad (6)$$

KŘÍŽENÍ

p_c pravděpodobnost křížení

Předpokládaný počet řetězců v generaci $A_c(t+1)$, shodujících se se schématem H $A_c(t+1)$ vznikla reprodukci a křížením z generace $A(t)$ v t -tém kroku

$$m(H, t+1) \geq m(H, t) \cdot \frac{f(H)}{f} \cdot \left[1 - p_c \cdot \frac{\delta(H)}{l-1} \right] \quad (7)$$

MUTACE

p_m pravděpodobnost mutace

Předpokládaný počet řetězců v generaci $A_c(t+1)$, shodujících se se schématem H $A_c(t+1)$ vznikla reprodukci a mutací z generace $A(t)$ v t -tém kroku

$$m(H, t+1) \geq m(H, t) \cdot \frac{f(H)}{f} \cdot \left[1 - p_c \cdot \frac{\delta(H)}{l-1} - o(H) \cdot p_m \right] \quad (8)$$

$o(H)$ řád řetězce H , kterému se rovná počet pozic v řetězci A , které se neshodují po změně se schématem H [13]

Z výše uvedených vztahů vyplývá, že počet řetězců shodujících se s krátkým kompaktním schématem (neovlivněným genetickými operátory), který má nadprůměrnou kvalitu, s časem roste a to přibližně exponenciálně rychle. Zatím co počet řetězců shodujících se schématem podprůměrné kvality přibližně exponenciálně klesá.

Schémat představují stavební bloky, ze kterých se skládá řešení problému. Z krátkých schémat se vyfiltrují dobré a sestavují se delší a delší, dokud se nedosáhne délka jedince a dosáhne se do globálního extrému.

Nepočítá se však se vzájemnou závislostí pozic chromozómu – epistází. Vznikají tak nepravdivé problémy, při kterých krátká schémata, která nejsou součástí globálního extrému, mají vyšší kvalitu než ta, která představují globální extrém. Proti tomu je možné bojovat buď volbou jiného vhodnějšího kódování nebo změnou struktury algoritmu, a to rozbitím problému na podproblémy a následným spojením řešení podproblémů do výsledného řešení celého problému. [9]

5.10 MODIFIKACE GA PRO SPECIÁLNÍ TYPY PROBLÉMŮ

5.10.1 ŠKÁLOVÁNÍ

Často nastává situace, kdy mají řetězce podobnou kvalitu a kódují body v blízkém okolí maxima. To vede k tomu, že algoritmus již nehledá lepší řešení, ale náhodně se pohybuje ve vymezeném okolí maxima. Tato situace je způsobena například rovnoměrným rozložením řetězců na ruletě při použití selekčních metod založených na očekávaných hodnotách (ruletové metody). Nastává tedy situace, kdy je potřeba, aby se více rozlišovalo mezi řetězci, jejichž kvalita se téměř neliší. Operátor, který toto rozlišování umožní je **škálování kvality** (fitness scaling). Myšlenka škálování je taková, že se přepočte získaná kvalita tak, aby se dosáhlo většího rozdílu mezi kvalitami jednotlivých řetězců, ale aby se zachovaly vztahy mezi lepšími a horšími řetězci. Tedy aby platilo, že je-li řetězec a lepší než řetězec b , je i po škálování řetězec a lepší než řetězec b .

Jedním z typů škálování kvality je **lineární škálování kvality**.

Lineární škálování kvality je operátor, který přepočítá získanou kvalitu f podle vzorce:

$$\bar{f} = a + f \cdot b \quad (9)$$

a, b konstanty

f kvalita řetězce (původní)

\bar{f} škálovaná kvalita

Koeficienty a, b se volí tak, aby se zachovaly následující dva vztahy:

Průměry škálované a původní kvality všech řetězců v generaci jsou shodné. Platí tedy vztah

$$\bar{f}_{avg} = f_{avg} \quad (10)$$

f_{avg} průměrná kvalita řetězce v generaci

Důvod této podmínky je následující. Řetězec, jehož kvalita je průměrná mezi všemi kvalitami řetězců v generaci má pravděpodobnost vylosování $\frac{1}{n}$, kde n je počet prvků v generaci. Nejpravděpodobnější počet potomků takového řetězce v další generaci je $n \cdot \frac{1}{n} = 1$. (Říkáme, že očekávaný počet potomků řetězce v další generaci je 1. Potomkem řetězce k se přitom rozumí exemplář řetězce k , který se dostane do další generace vylosováním úseku rulety příslušnému řetězci k .) Když se splní výše uvedený vztah, zajistí se tím tedy, aby se zachovala i pravděpodobnost vylosování průměrného řetězce. Zachová se tedy i počet očekávaných potomků průměrného řetězce v další generaci.

Druhý vztah, který se uplatňuje se týká hodnoty maximální kvality a je následující:

Maximální škálovaná kvalita má velikost C_{mult} násobku průměru kvalit všech řetězců v generaci. Platí tedy vztah:

$$\bar{f}_{maximum} = C_{mult} \cdot f_{avg} \quad (11)$$

C_{mult} konstanta (typicky je pro potřeby většího rozlišení mezi řetězci $C_{mult}=1,2$ nebo $C_{mult}=2$)

Právě volbou této konstanty se mohou měnit vzdálenosti mezi jednotlivými řetězci. Čím větší konstanta, tím větší budou rozdíly mezi jednotlivými kvalitami řetězců. (Výše uvedené volby proto používají pro škálování generace v posledních krocích genetického algoritmu, kdy lze předpokládat velkou podobnost kvalit jednotlivých řetězců. Naopak volbu $C_{mult} < 1$ lze použít k tomu, aby se v prvních krocích algoritmu k sobě přiblížili pravděpodobnosti vylosování jednotlivých řetězců. Tímto se zajistí větší různorodost generace pro další zkoumání.

Dosažením vztahů (9), (10) pro průměrnou a maximální hodnotu do rovnice (8) se dostanou vztahy, z nichž se teprve počítají koeficienty a , b . Z rovnic

$$f_{avg} = a + f_{avg} \cdot b \quad C_{mult} \cdot f_{avg} = a + f_{maximum} \cdot b$$

$$\Rightarrow a = f_{avg} \cdot \frac{f_{max} - C_{mult} \cdot f_{avg}}{f_{max} - f_{avg}} \quad (12)$$

$$\Rightarrow b = \frac{(C_{mult} - 1) \cdot f_{avg}}{f_{max} - f_{avg}} \quad (13)$$

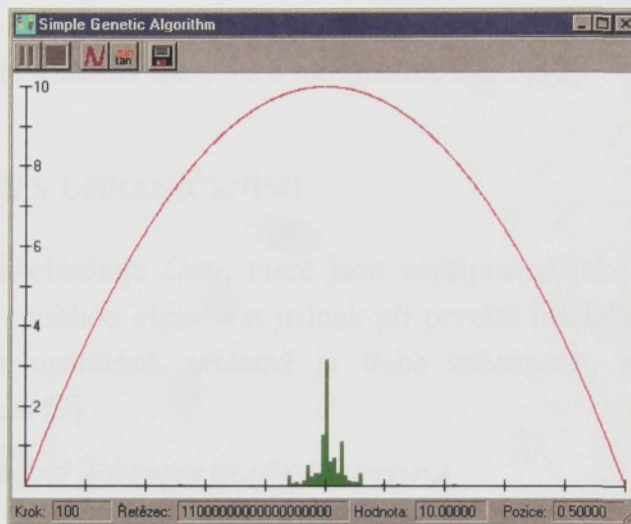
Tab. 10: Příklad generace blízko maxima (funkce $y = 40 \cdot (-x^2 + x)$)

| Řetězec | Kvalita | Úsek na ruletě [%] |
|----------|---------|--------------------|
| 01001000 | 9,852 | 12,401 |
| 01001111 | 9,932 | 12,501 |
| 01000011 | 9,996 | 12,582 |
| 11000111 | 9,981 | 12,563 |
| 11000101 | 9,974 | 12,554 |
| 11001010 | 9,904 | 12,466 |
| 11001000 | 9,852 | 12,401 |
| 11001100 | 9,956 | 12,532 |

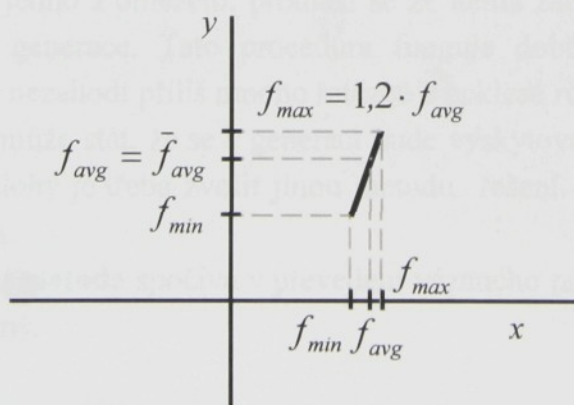
V posledním sloupci tabulky jsou zachyceny jednotlivé pravděpodobnosti vylosování pro každý řetězec, všechny řetězce mají velice blízkou pravděpodobnost vylosování. Lze tedy předpokládat, že následující generace se bude velmi málo lišit od předchozí a tudíž se ani nezlepší nejlepší nalezená hodnota.

Porovnání se stavem, který nastane v situaci po použití škálování s koeficientem $C_{mult}=1,2$.

Bylo dosaženo kýženého efektu, že lepší řetězce získaly zřetelně lepší pravděpodobnost vylosování, než řetězce slabší, přitom byla zachována korektnost v tom směru, že je-li v libovolné dvojici jeden z řetězců slabší, je tento řetězec slabší i ve škálované kvalitě.



Obr. 16: Rozložení řetězců v poslední generaci po užití elitářství a škálování (funkce $y = 40 \cdot (-x^2 + x)$)



Obr. 17: Škálování konstantou 1,2

5.10.2 MINIMALIZACE FUNKCÍ

Obecněji lze genetický algoritmus používat i pro optimalizační problémy, hledající minimum na nějakém prostoru. Převedení problému je přitom velmi jednoduché. Je funkce $g(x)$, kterou je třeba minimalizovat. Zvolí se konstanta C_{max} a minimalizace funkce $g(x)$ se převede na maximalizaci funkce $f(x)$:

$$f(x) = C_{max} - g(x), \quad \text{jestliže } g(x) < C_{max} \\ = 0, \quad \text{jinak.} \quad (14)$$

Je mnoho možností jak volit koeficient C_{max} . Může být zadán jako vstupní koeficient, může to být také největší hodnota v posledních k generacích.

Příklad hledání maxima fce x^2+2 a minima fce $2-x^2$. [13]

5.10.3 PROBLÉMY S OHRANIČENÍMI

Prostor řešení obsahuje části, které jsou nepřipustné jako řešení daného problému. Nepřipustná řešení se mohou objevovat jednak při prvotní inicializaci populace a jednak při aplikaci genetických operátorů, přičemž je třeba zabezpečit, aby výsledné řešení bylo z množiny přípustných. [9]

5.10.3.1 OMEZENÍ A PENALIZAČNÍ METODA

U mnoha reálných problémů, které se mohou řešit genetickým algoritmem je možno se setkat s problémy omezení optimalizované funkce a tedy s omezeními kvality řetězců (Říká se také, že se řeší problém vázaný podmínkami, které jsou dané nerovnicemi).

Jeden ze způsobů, jak se vyrovnat s tímto problémem je, že v okamžiku, kdy některý z řetězců překročí jedno z omezení, prohlásí se že nemá žádnou kvalitu a takový řetězec již neprojde do další generace. Tato procedura funguje dobře, ovšem jenom v případě, že se tímto způsobem nezahodí příliš mnoho řetězců a neklesá různorodost generace.

Po čase se může stát, že se v generaci bude vyskytovat velké množství kopií několika řetězců. Pro tyto úlohy je třeba zvolit jinou metodu řešení. Jednou z použitelných metod je penalizační metoda.

Penalizační metoda spočívá v převedení vázaného problému (vázaného podmínkami) na problém nevázaný.

Zavádí se

ϕ - penalizační funkce a

h - penalizační koeficient.

Existuje mnoho způsobů, jak volit penalizační funkci. Jednou z používaných voleb je $\phi[h_i(x)] = h_i^2(x)$. Penalizační koeficient slouží pouze ke změně důležitosti, jaká se bude přisuzovat překročení omezení. V praktických aplikacích je koeficient r volen pro každé

omezení zvláště, čímž lze dosáhnou rozdílné důležitosti překročení různých omezení. Penalizace se používá v mnohých úlohách. [13]

5.10.3.2 DEKODÉRY

Pracují jen s přípustnými řešeními. Dekodér každému genotypu přiřazuje pouze přípustný genotyp. Genotypy se neomezují. Toto se však nedá dělat všeobecně, návrh dekodéru je doménově závislý a často tak složitý, že by znamenal vyřešení celého problému. [9]

5.10.3.3 OPRAVNÝ ALGORITMUS

Jsou velmi podobné dekodérům, na rozdíl od nich se však použijí pouze na nepřípustné body, které modifikují na přípustné. Při použití opravného algoritmu se postupuje tak, že z nepřípustného řetězce x se vytvoří přípustný řetězec y . Výrobu přípustného řetězce z nepřípustného přitom zajišťuje opravný algoritmus.

Otázkou zůstává, zda zanechat v generaci původní řetězec x , nebo jej nahradit opraveným řetězcem y . Experimentálně bylo zjištěno, že je vhodné, aby k záměně opraveného řetězce za původní docházelo s pravděpodobností 5%.

I při použití opravného algoritmu zůstávají v generaci (pakliže se nezamění vždy opravený řetězec za původní nepřípustný) nepřípustné řetězce. Nicméně nahradí-li se v cílové generaci všechny nepřípustné řetězce odpovídajícími opravenými, získá se tak generace přípustných řetězců, z nich se vybere maximum. [9], [13]

5.10.4 GENERATION GAP

Generation gap je pozměnění genetického algoritmu, které ve své podstatě slouží k zachování větší různorodosti generace. Efekty této operace blíže zkoumal De Jong. Celá podstata změny je, že se zvolí konstanta $0 < g \leq 1$. V generaci o n řetězcích se pak náhodně vybere k , $k = \lfloor n \cdot g \rfloor$ (celá část z $n \cdot g$) řetězců. Na těchto vybraných řetězcích se provede operace reprodukce, mutace a křížení. Nově vzniklé řetězce se potom náhodně rozdělí do generace, ze které byly losovány. Tím vzniká nová generace o n řetězcích.

5.10.5 UDRŽOVÁNÍ RŮZNOSTI V POPULACI

Při prohledávání prostoru řešení genetickým algoritmem může dojít k situaci, že se populace jedinců po určitém čase soustředí do nějaké menší oblasti s relativně vysokou vhodností, přitom se však v této oblasti nemusí nacházet hledaný extrém. Populace tedy předčasně zkonvergovala ještě před nalezením řešení. Problém je v tom, že zůstávající genetický materiál nemusí obsahovat všechny stavební prvky řešení. Proti tomuto

nežádoucím zredukování genetického materiálu je možno bojovat udržováním různosti v populaci, a to několika metodami:

- Jedním z nejjednodušších způsobů je změna velikosti populace. Základní myšlenka je, že při vyšším počtu jedinců populace je doba dosažení konvergence delší.
- Boj proti příčinám předčasné konvergence. Základním faktorem, který konvergenci ovlivňuje je selekční tlak. Čím vyšší selekční tlak, tím dříve populace zkonverguje. Selekční tlak je možné snížit např. změnou parametrů selekce resp. výběrem jiné selekční metody, nebo zvýšením disjunktivního potenciálu genetických operátorů. (např. nastavením vysoké pravděpodobnosti mutace).
- Genetická infuze. Jejím cílem je dodávat nový genetický materiál. To je možné zabezpečit např. odstraňováním duplikací, reinitializací případně nastavením vysoké pravděpodobnosti mutace, tzv. hypermutací v určitých momentech.
- Udržovat v populaci přítomnost subpopulací s různým genetickým materiálem. Každá populace je primárním nositelem určitého genetického materiálu. Pokud existují subpopulace, existuje také daný genetický materiál. Prostředkem pro udržování subpopulací může být omezené páření jen jedinců stejné subpopulace (analogie s přírodou, kde je fyzicky nemožné páření mezi druhy) nebo omezená soutěž při náhradě, kde potomek nahrazuje nejpodobnějšího jedince z určité skupiny jedinců (podobní jedinci vyplňují stejný prostor a tedy musí soupeřit o zdroje).
- Snaha rovnoměrně rozvrstvit jedince v prostoru, přičemž se vychází z omezenosti zdrojů a jejich sdílení v určité části prostoru – sharing. Z nedostatkového prostoru jedinci migrují do prostoru s relativně vyšším dostatkem. Toto je zabezpečeno tím, že jedincům trpícím nedostatkem se uměle snižuje vhodnost. Tím jejich pravděpodobnost selekce za rodiče bude menší a tedy budou mít méně potomků, čímž se počet jedinců v dané části prostoru v další generaci bude snižovat. [9]

5.10.6 NICHE TECHNIKY

Niche techniky se používají pro nalezení všech možných řešení, resp. nějakého počtu lokálních extrémů. Hledání více řešení přitom může probíhat sekvenčně nebo paralelně.

SEKVENČNÍ HLEDÁNÍ: Klasický algoritmus se spustí tolikrát, kolik řešení je třeba. Pro zabezpečení nezkonvergování algoritmu do stejného bodu se modifikuje funkce vhodnosti v daném místě prostoru prohledávání – dojde k odstranění již nalezeného řešení z problému.

PARALELNÍ HLEDÁNÍ: Očekává se, že během jednoho běhu algoritmu populace zkonverguje do více oblastí, kde každá oblast představuje jedno z možných řešení. Toto si vyžaduje modifikaci algoritmu, která zabezpečí rozložení populace do jednotlivých extrémů, tedy boj proti předčasné konvergenci. [9]

5.11 KOEVOLUCE

Při koevoluci existuje více populací jedinců, kde jedinci jedné populace kódují celé řešení problému. Všechny ostatní populace jsou pomocné, pomáhají základní populaci najít řešení. Mohou kódovat něco úplně jiného, resp. také mohou kódovat řešení. Mezi populacemi dochází k vzájemné interakci, jedinci jedné populace nepřímo ovlivňují jedince druhé populace.

PARAZITICKÁ KOEVOLUCE

Vychází z biologické představy soužití organismů a parazitů. Organismus se musí proti parazitovi bránit, vyvíjí si metody obrany a parazit musí vymýšlet nové a nové způsoby útoku. Jednu populaci představují řešení – „organizmy“, druhou populaci „paraziti“. Obě populace se vyvíjejí a vzájemně se ovlivňují vhodností. Vhodnost organismu je daná tím, jak se umí bránit a vhodnost parazitů tím, kolik jedinců se jim není schopno ubránit.

KOEVOLUČNÉ SÍLENÍ

Snaží se najít více řešení najednou. Vychází z ekonomické metafory. Jednu z populací tvoří spotřebitelé a druhou obchodníci. Obě populace kódují řešení problému. Spotřebitelé se snaží jít do oblasti s vyšší vhodností (k co nejlepším obchodníkům) a tam kde je méně zákazníků, aby dostali zboží (rozmístění zákazníků po prostoru). Obchodník je tím lepší, čím lepší spotřebitelé k němu chodí. V oblasti, kde je mnoho obchodníků, mají tito méně zákazníků, proto se také jako zákazníci rozmísťují po prostoru. Na vývoj populace se použijí různé principy, takže bude mít smysl výměna genetického materiálu mezi populacemi.

KOEVOLUCE PRO VÍCEKRITERIÁLNÍ PROBLÉMY

Aplikace multikriteriálních problémů na teorii her. Řešení problému představuje celá hra, soubor karet všech hráčů. Na tahu je vždy jeden z hráčů, který se snaží zlepšovat svoji pozici (zlepšování podle jednoho kritéria). Takto se pokračuje až do dosažení rovnováhy v rámci všech hráčů. Existuje tolik populací, kolik je částí řešení, přičemž v rámci každé populace se optimalizuje jen jedna část řešení a ostatní jsou fixované. Po čase si každá populace obnovuje fixní část podle toho, jaké nejlepší řešení našli ostatní populace.

KOEVOLUCE PRO PROBLÉMY S OHRANIČENÍMI

Jednu populaci tvoří kandidáti na řešení a druhou populaci jedinci představující ohraničení. Tato druhá populace se nemění, je to tzv. pseudopopulace, mění se jen vhodnost ohraničení, která je daná počtem řešení nesplňujících dané ohraničení. Populace řešení se vyvíjí normálně a jejich vhodnost je dána počtem splněných vybraných ohraničení. Výběr ohraničení je na základě jejich vhodnosti. Při vývoji jedinců se ohraničení postupně dělí na lehčí a těžší (splní ho méně jedinců). Výsledným řešením je jedinec, který splní všechna, i těžká ohraničení. [9]

5.12 HYBRIDIZACE

Snahou je využít dobré vlastnosti více algoritmů (nejen GA) a jejich kombinace do jediného algoritmu. Při spojování algoritmů je možný *kooperační přístup* nebo konkurenční přístup.

KOOPERAČNÍ PŘÍSTUP

Jiný algoritmus vstupuje do GA právě při učení se jedinců. Využívá se biologická metafora: jedinec se narodí s určitým genetickým materiálem, jde životem a snaží se něčeho dosáhnout, aktivně vyhledává řešení – učí se, až se nakonec stane rodičem a pokračuje ve svých potomcích. Zde jsou možné tři různé způsoby:

- při rozmnožování se vůbec neregistruje to, co se naučil
- to co se jedinec naučil, zvyšuje jeho vhodnost a tím také šanci na reprodukci, ale do potomka půjde původní genotyp.
- to co se naučil, rodič odevzdá potomkovi ve formě genetického materiálu (změněný genotyp).

KONKURENČNÍ PŘÍSTUP

Potomci se generují buď genetickým algoritmem nebo dalším použitým algoritmem, ne oběma naráz, přičemž tyto dva algoritmy soutěží o to, který bude vybrán.

GA se často spojuje s horolezeckým algoritmem, fuzzy množinami a také neuronovými sítěmi. [9]

5.13 PARALELIZACE GA

Jedním z prostředků k urychlení GA je paralelizace, kterou je možné dělat třemi způsoby:

GLOBÁLNÍ PARALELIZACE

Nejjednodušší způsob je neměnit strukturu algoritmu, pouze vykonat paralelně, co se vykonat dá. Hlavní doménou při tomto přístupu je výpočet kvality jedinců, přičemž jednou z nevýhod GA je obrovské množství vyhodnocování cílové funkce (zjišťování kvality).

HRUBOZRNNÉ ALGORITMY

Celá populace se rozdělí na subpopulace podle počtu procesorů (10 – 20). Subpopulace se vyvíjí samostatně v procesoru, ale pokud je jejich velikost menší, konvergence je rychlejší. Tomu lze předcházet speciálním operátorem *migrace*. Jde o výběr genetického materiálu z populace a jeho rozeslání. Frekvenci migrace je potřeba nastavit optimálně pomocí parametru. Vybrat genetický materiál je možné buď náhodně nebo deterministicky. Rozesílat ho každému procesoru nebo hlavnímu procesoru, který to rozešle, případně použít speciální strukturu, kde nesousedí každý s každým a posílat genetický materiál jen sousedům (tzv. *stepping stone* – nemusí skončit u souseda, ale může se šířit dále ve vlnách).

JEMNOZRNNÉ ALGORITMY

Rozdíl oproti hrubozrnným je v počtu subpopulací (až 1000). Typické je, že subpopulaci tvoří jeden jedinec. Nelze říci, že by komunikoval každý s každým, potřeba je speciální architektura sítě a jí přizpůsobený algoritmus. Jedinec komunikuje jen se sousedy a zůstává v daném procesoru. Není potřeba speciální operátor migrace, protože takto se zabezpečí také přenos genetického materiálu (opět si lze přestavit jeho šíření v celé populaci pomocí metafory stepping stone). [9]

6 OPTIMALIZACE ODĚVNÍ VÝROBNÍ LINKY POMOCÍ GA

Experiment, který je uváděn v této kapitole, názorně představuje použití GA pro zvyšování flexibility oděvní výroby, snižování výrobního času a zlepšení organizace výroby.

Následující experiment se zabývá problematikou montážní linky v oděvním průmyslu, sleduje hledání optimální celkové doby zpracování určitých jednotek objemu výroby, které jsou typické pro současnou oděvní výrobu s ohledem na různorodost a malosériovost.

V experimentu je uvažována plynulá montážní linka šicí dílny s postupným způsobem výroby, při němž se každý výrobek předává z předchozí na následující operaci po výrobních dávkách. Mezioperační doprava je zajišťována závěsným adresným dopravníkovým systémem.

V experimentu se může vyskytovat nulový čas výrobní dávky na pracovním místě. Tato situace nastává, pokud daná varianta výrobní dávky nemá některou operaci, která se vyskytuje ve výrobní lince, v technologickém postupu zpracování. Např. výrobek s výpustkovolištvými zadními kapsami má nulový čas zpracování na pracovním místě, na kterém se zpracovávají dvouvýpustkové zadní kapsy.

I přesto, že některé výrobní dávky mohou mít na některých pracovních místech nulový výrobní čas, nedochází ke změně pořadí výrobních dávek. Tzn. že by tato výrobní dávka přeskočila toto pracovní místo přímo na další pracovní místo. Tato problematika změny pořadí výrobních dávek ve výrobní lince je vhodným námětem pro další pokračování zpracovávání problematiky optimalizace výrobního času.

Tento experiment se zaměřil konkrétně na typ výrobku – pánské kalhoty, který je vyráběn na konkrétní oděvní výrobní lince. Tento typ výrobku byl vybrán na základě dostupnosti podkladů pro výrobu, tzn. pracovní předpis, výrobní postup, počet pracovníků.

Výpočtový algoritmus optimalizace výroby lze používat nejen pro tento typ výrobku, ale je možno jej použít pro jakýkoliv jiný typ výrobku zpracováváný na postupné montážní lince. Pánské kalhoty jsou vybrány z důvodu dostupnosti dat časové náročnosti zpracování jednotlivých výrobních operací.

Různorodost pánských kalhot spočívá v různých typech kapes, různých způsobech překladů pasových límců, existenci či neexistenci pasových vybrání a záhybů, a další.

6.1 MODEL ODĚVNÍ VÝROBNÍ LINKY – EXPERIMENTÁLNÍ DATA

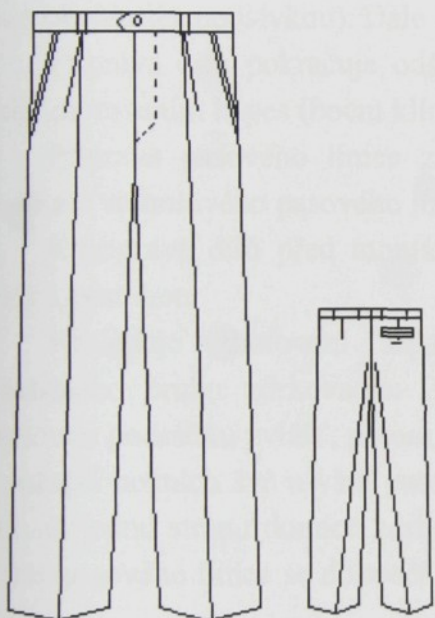
Je uvažována výrobní linka popsaná v kapitole 1 ÚVOD na straně 9. (plynulá montážní linka šicí dílny s postupným způsobem výroby, při němž se každý výrobek předává z předchozí na následující operaci po výrobních dávkách. Mezioperační doprava je zajišťována závěsným adresným dopravníkovým systémem).

Experiment, který je uváděn v této kapitole, názorně představuje použití GA pro zvyšování flexibility oděvní výroby, snižování výrobního času a zlepšení organizace výroby.

Zabývá se problematikou montážní linky v oděvním průmyslu pro výrobu pánských kalhot. Sleduje hledání optimální celkové doby zpracování definovaných jednotek objemu výroby, které jsou typické pro současnou oděvní výrobu s ohledem na různorodost a malosériovost.

Následující technický popis, technický nákres a výrobní postup jsou pouze pro jednoho zástupce pánských kalhot. Další vybraní zástupci pánských kalhot jsou uvedeni v příloze B.

6.1.1 TECHNICKÝ POPIS VYBRANÉHO PŘESTAVITELE PÁNSKÝCH KALHOT



Obr. 18: *Technický nákres vybraného představitele pánských kalhot*

Pánské klasické kalhoty jsou zhotoveny ze směsového materiálu a jsou rovného střihu.

Na předních dílech jsou zhotoveny klínové kapsy. Kapsový otvor je ozdobně prošitý na 5 mm. Rožky kapes jsou zpevněné uzávěrkami. Vrchní rožek je 10 mm pod pasovým límcem. Kapsa je zhotovená přes podšívkou. Váčky klínové kapsy jsou sešité a začištěné pětinitým obnitkovacím stehem.

V pase jsou odšité záhyby 5 mm hluboké, přehnuté k bočním švům. Zapínání je na zdrhovadlo, podkrytové, ozdobně prošitý na 35 mm do tvaru lišty. Rozparek je zhotovený technologií nekonečného zipu. Podšívkové přední díly mají přežehlené záhyby.

V pase zadních dílů jsou odšité odševky dlouhé 7 mm. Na pravém zadním díle je zhotovena dvouvýpustková kapsa. Kapsa se zapíná na knoflík a díрку.

Hotová šíře pasového límce je 38 mm. Pasový límec má prodloužení do špice. Zapíná se na háček a očko a v prodloužení má knoflík a díрку. Na pasovém límci je 6 poutek, která jsou přichycena 10 mm pod pasovým límcem.

Dolní šíře nohavic je 22 mm a délka nohavic je neukončená. Dolní kraj je začištěn zoubkovaním. Nohavice mají zažehlené puky, na zadním díle do výšky kapes.

6.1.2 ROZBOR VÝROBY

Výroba využívá nejnovější technologie, např. zhotovení podkrytového rozparku pro zdrhovadlo s nekonečným pruhem zdrhovadla.

Výrobní proces začíná na stříhárně, ze které se transportují do výrobní dílny nastříhané a vyřezané díly pánských kalhot. Jsou to vrchové díly a součástky, podšívkové díly a fixační vložky.

Výroba začíná vyhotovováním předního a zadního dílu, které spočívá ve vysrážení a zažehlení záhybu na podšívce předního dílu. Po srážení se díly začístí obnitkováním (přední díly se obnitkují s podšívkou). Dále se začíšťují podsádky s výstuhou pro zadní kapsu.

Příprava dílů pokračuje odšíváním záhybů na předních díla a odševků na zadních dílech, zhotovením kapes (boční klínové kapsy předního dílu, zadní dvojvýpustková kapsa).

Příprava pasového límce začíná podlepováním a přežehlováním. Poté se zažehlí výpustka z vrcholového pasového límce, naznačí se prodloužení a předšije se.

K přípravě dílů před montáží patří také zhotovení sedového podkladu a zhotovení poutek s výstuhou.

Následuje zhotovení zipsového podkrytového rozparku pomocí technologie nekonečného pruhu zdrhovadla. Zdrhovadlo se našívá na podkrytovou podsádku a na nákrýtovou podsádku zvlášť, potom se podkrytová a nákrýtová podsádku našívají na pření díl. Po montáži bočních švů a všití pasového límce s poutky se přešívá podkryt. Poté se navléká běžec na jednu stranu tkanice zdrhovadla. Prodloužený pasový límec se obrátí na obě strany. Montáž pasového límce se dokončí připevněním háčku a očka. Nákrý se ozdobně prošije do tvaru.

Následuje montáž krokových švů pravé a levé nohavice. Poté se spojí nohavice navlečením běžce na druhou stranu tkanice zdrhovadla. Zdrhovadlo se zajistí připevněním koncové uzávěrky zdrhovadla.

Poté následuje montáž sedové části předního a zadního dílu také s pasovým límcem. Připravený sedový podklad se přichytí na podsádku podkrytu.

Dokončovací operace začínají zhotovením uzávěrek na poutkách, rozparku, bočních kapsách a na sedových podkladech. Dále dokončovací operace pokračují naznačením a vyšitím dírek a naznačením a přišitím knoflíků a končí čištěním od konců nití a křídly, zabarvují se dírky a uzávěrky.

Konečné žehlení začíná žehlením spodní části kalhot a pokračuje žehlením vrchní části. Před výstupní kontrolou se ještě kalhoty dožehlují na žehlícím stole a kartáčují (tmavý materiál).

Výstupní technická kontrola se provádí na speciálních stolech, které jsou vybaveny světlem umístěným přímo nad stolem pro zvýšení viditelnosti při kontrole. Po výstupní

kontrola se provádí kompletace kalhot. Dodávají se loga, visačky. Některé kalhoty se kompletují se sakem a některé se expedují samostatně v obalech zavěšené na stojanech.

Výroba se řídí podle pracovního předpisu, na základě kterého byl vytvořen výrobní postup viz tab. 11.

6.1.3 VÝROBNÍ POSTUP VYBRANÉHO PŘEDSTAVITELE PÁNSKÝCH KALHOT

Tab. 11: Výrobní postup vybraného představitel pánských kalhot

| Prac. místo | Pozice | Číslo a název operace | Stroj | N _z | R | |
|-------------|--------|--|---|----------------|------|---|
| 1. | 1. | 1. Příprava dílů. | pracovní stůl | 1,68 | 1 | |
| | | 2. Třídění dle barev. | ruční práce | 0,13 | | |
| | | | | 1,81 | | |
| | 2. | 3. | Dekatování podšívkového pasového límce | žehlicí stůl | 0,33 | 1 |
| | | 4. | Dekatování podšívky PD. | žehlicí stůl | 0,13 | |
| 5. | | Zažehlení přehybu kalhot se současným přežehlením záhybu, do délky cca 30cm. | žehlicí stůl | 0,44 | | |
| | | | 0,90 | | | |
| 2. | 3. | Podlepit nákrýtkovou a podkrytkovou podsádku podkrytkového rozparku pro zdrhovadlo lepicí výstužnou vložkou. | žehlicí lis | 0,21 | 1 | |
| | | | | 0,21 | | |
| 4. | 4. | 8. Podlepit pasové límce, prodloužené pas. límce. | poloautomat | 1,03 | 1 | |
| | | | | 1,03 | | |
| 3. | 5. | 10. Začistit obnitkováním PD kalhot, boční, krokový a přední (pánvový) okraj s přiložením podšívky. | třínitý obnitkovací stroj | 1,96 | 1 | |
| | | | | 1,96 | | |
| | 6. | 36. Odšít 2x1 odševek. | poloautomat | 0,46 | 1 | |
| | | | | 0,46 | | |
| 4. | 7. | 7. Podlepit výpusťkovou podsádku zadní dvouvýpusťkové kapsy lepicí výstužnou vložkou. | žehlicí lis | 0,15 | 1 | |
| | | | | 0,15 | | |
| | 8. | 9. | Podlepit otvory bočních klínových kapes lepicí výstužnou vložkou. | žehlicí stůl | 0,48 | 1 |
| | | 8. | 37. Přežehlit 2 odševky, podlepit otvor zadní dvouvýpusťkové kapsy ZD lepicí výstužnou vložkou. | žehlicí stůl | 0,56 | |
| | | | | 1,04 | | |
| 5. | 9. | 11. Začistit obnitkováním ZD kalhot, boční krokový a sedový okraj.. | třínitý obnitkovací stroj | 1,01 | 1 | |
| | | 12. Začistit obnitkováním okraje podkrytkové podsádky podkrytkového rozparku zdrhovadla.. | třínitý obnitkovací stroj | 0,11 | | |
| | | 13. Začistit obnitkováním okraje výpusťkové podsádky zadní dvouvýpusťkové kapsy. | třínitý obnitkovací stroj | 0,11 | | |
| | | 14. Spojit obnitkování nastříhané části poutek. | tříjitý obnitkovací stroj | 0,16 | | |
| | | | | 1,39 | | |
| 5A. | 10. | 11A. Začistit obnitkováním 2x1 dílek bočních kapes ze dvou stran | třínitý obnitkovací stroj | 0,00 | 1 | |
| | | 11B. Začistit obnitkováním 2x1 dílek bočních kapes po jedné straně | třínitý obnitkovací stroj | 0,00 | | |

| | | | | | | |
|-----|---|---|--|-------------------------|------|---|
| | | 11C. Začistit obnitkováním 2x1 podsádku pro svislé kapsy / ze dvou stran | třínitý obnitkovací stroj | 0,00 | | |
| | | | | 0,00 | | |
| 6. | 11. | 15. Předšit prodloužení pasového límce dle šablony, přistříhnout záložku. | poloautomat | 0,25 | 1 | |
| | | | | 0,25 | | |
| | 12. | 16. Našit podšivkový pasový límec na látkový klikatým stehem, šit v řetězci a pas. límce z řetězce oddělit a svázat. | jednořehlový šicí stroj | 1,04 | 1 | |
| | | | | 1,04 | | |
| 7. | 13. | 32. Našit zdrhovadlo a podkryt na PD, nastříhnout PD v ukončení podkrytového rozparku. | jednořehlový šicí stroj | 0,80 | 1 | |
| | | 33. Našit zdrhovadlo na nákrýtovou podsádku podrytového rozparku. | jednořehlový šicí stroj | 0,33 | | |
| | | 17. Přistříhnout látkový pasový límec po délce. | nůžky | 0,36 | | |
| | | | | 1,49 | | |
| 8. | 14. | 34. Našit nákrýtovou podsádku s nadšitým zdrhovadlem na PD. | poloautomat | 0,65 | 1 | |
| | | | | 0,65 | | |
| | 15. | 38. Předšit zadní dvouvýpustkovou kapsu pomocí výpustkové podsádky, s podložení podkladové podsádky a kapesního váčku. | poloautomat | 0,70 | 1 | |
| | | | | 0,70 | | |
| | 16. | 38A. Přišit 1 podkladovou podsádku na kapsovinu 1 kapsy. Rozešit 1 lištovou kapsu. Více o přiložení 1 kapesního váčku s podkladovou podsádkou – nebo patky P k rozešití kapes. | poloautomat | 0,00 | 1 | |
| | | | | 0,00 | | |
| 9. | 17. | 21. Ušít šest poutek s vložením výztuže zapošivacím švem. | poloautomat | 0,29 | 1 | |
| | | | | 0,29 | | |
| | 18. | 19. | Našit etiketu zákazníka na podšivkový pasový límec ze dvou stran.. | jednořehlový šicí stroj | 0,35 | 1 |
| | | 20. | Našit symbol na podšivkový pasový límec.. | jednořehlový šicí stroj | 0,26 | |
| | | 30. | Předšit kraje sedového podkladu. | jednořehlový šicí stroj | 0,23 | |
| 35. | Navléct běžec zdrhovadla na nákrýtovou stranu rozparku. | ruční práce | 0,16 | | | |
| | | | | 1,00 | | |
| 10. | 19. | 24. Našit 2 podkladové podsádky na podkladové kapsové váčky bočních klínových kapes s podehnutím dolní záložky. | jednořehlový šicí stroj | 0,62 | 1 | |
| | | 24A. Přišit 2 podkladové podsádky na kapsovinu 2 dvouvýpustkových kapes. | speciální stroj | 0,00 | | |
| | | 24B. Naznačit umístění 2 dvouvýpustkových kapes na 2 díly 2 přímky a 2x2 značky. | ruční práce | 0,00 | | |
| | | 24C. Odlepení 2 lístků. | ruční práce | 0,05 | | |
| | | 25. Prohloubit nástřih dolního rožku klínové kapsy. Přiložit tvarovou část kapesního váčku klínové kapsy na PD podle nástřihů označujících průhyb klínové kapsy, nadehnout přinechanou podsádku, předšit průhyb podle vodiče. | jednořehlový šicí stroj | 1,15 | | |
| | | | | 1,82 | | |
| | 20. | 25A. Rozešit 2 dvouvýpustkové kapsy | speciální stroj | 0,00 | | |
| | | | 0,00 | | | |
| 21. | 28. | Zažehlit tvarovanou kapsu do výpustku. | žehlicí stůl | 0,00 | 1 | |
| | | | | 0,00 | | |
| 22. | 26. | Našit zadní kraj přinechané průhybové podsádky klínové kapsy na tvarovou část kapesního váčku. | jednořehlový šicí stroj | 0,62 | 1 | |

| | | | | | | |
|------|-----|---|----------------------------|------|------|--|
| | | 27. Podložit průhyb klínové kapsy podkladovou podsádkou podle orientačních nástřihů a připevnit rožek otvoru přešitím. | jednořehlový šicí stroj | 0,39 | | |
| | | 27A. Dokončit 2 výpustkové kapsy předšité na spec. stroji s prostřížením podsádky, s odšitím rožků a přišitím podsádky pod kapsou | jednořehlový šicí stroj | 0,00 | | |
| | | | | 1,01 | | |
| 11. | 23. | 18. Zažehlit část pasového límce do průhybu s vytvořením výpustky z látkového pasového límce. | žehlicí stůl | 0,44 | 1 | |
| | | 22. Přežehlit poutka. | žehlicí stůl | 0,20 | | |
| | | 28. Přežehlit klínová kapsy. | žehlicí stůl | 0,35 | | |
| | | 39. Vtáhnout váček zadní dvouvýpustkové kapsy do rubní strany a vyžehlit výpustky. | žehlicí stůl | 0,49 | | |
| | | | | 1,48 | | |
| 11A. | 24. | 28A. Složit kapesní váčky a přišit podsádku pod kapsovou na kapsovinu u rubu – 2 kapsy. | jednořehlový šicí stroj | 0,00 | 1 | |
| | | 28B. Více o přišití dolního okraje podsádek u svislých kapes – otočit v rožku. | jednořehlový šicí stroj | 0,00 | | |
| | | 28C. Odlepení 2 lístků. | ruční práce | 0,00 | | |
| | | | | 0,00 | | |
| 12. | 25. | 23. Nastříhat 6 poutek s doměřením. | nůžky | 0,40 | | |
| | | 29. Sešít a začistit kapsové váčky bočních klínových kapes obnitkováním. | pětinitý obnitkovací stroj | 0,42 | | |
| | | 42. Sešít a začistit okraje kapsového váčku zadní dvouvýpustkové kapsy. | pětinitý obnitkovací stroj | 0,39 | | |
| | | | | 1,21 | | |
| 13. | 26. | 40. Odšít rožky a našít výpustkovou podsádku a podkladovou podsádku na váček zadní dvouvýpustkové kapsy.. | jednořehlový šicí stroj | 0,75 | 1 | |
| | | 40A. Dokončit 1 lištovou kapsu rozešitou na automatu. Odšít rožky a našít podsádku a podkladovou podsádku na váček zadní kapsy. | jednořehlový šicí stroj | 0,00 | | |
| | | | | | 0,75 | |
| | 27. | 41. Zhotovit uzávěry v rožkách zadní dvouvýpustkové kapsy. | uzávěrkovací stroj | 0,36 | 1 | |
| | | | | 0,36 | | |
| | 28. | 31. Vyvrátit sedový podklad na lící stranu, upravit a vyžehlit sedový podklad. | žehlicí stůl | 0,38 | 1 | |
| | | | | 0,38 | | |
| 14. | 29. | 43. Sešít boční švy kalhot řetízkovým stehem. | řetízkový šicí stroj | 1,56 | 1 | |
| | | | | 1,56 | | |
| | 30. | 44. Přichytit váčky bočních klínových kapes se současným prošitím záhybu a váčku zadní dvouvýpustkové kapsy se současným přichycením šesti poutek a rozložením boč. švů | jednořehlový šicí stroj | 1,28 | 1 | |
| | | | | 1,28 | | |
| 15. | 31. | 45. Všíť pasový límec. | jednořehlový šicí stroj | 1,52 | 1 | |
| | | | | 1,52 | | |
| | 32. | 46. Přežehlit šev pasového límce, zažehlit výpustku. | žehlicí stůl | 1,11 | 1 | |
| | | | | 1,11 | | |
| 16. | 33. | 47. Olemovat nákrý také přes pasový límec, přistříhnout lemovku. | lemovací stroj | 0,43 | 1 | |
| | | | | 0,43 | | |
| | 34. | 48. Předšít podkryt se současným předšitím předního kraje pravého pasového límce, vyvrátit na lící stranu, vymnout, upravit a přistříhnout. | jednořehlový šicí stroj | 0,79 | 1 | |
| | | | | 0,79 | | |

| | | | | | | |
|-----|--|---|---|--|------|-------------------------|
| 17. | 35. | 49. Došit prodloužený pasový límec. | jednoehlový šicí stroj | 0,28 | 1 | |
| | | 50. Přichytit nákyrtovou podsádku na podšívkový pasový límec. | jednoehlový šicí stroj | 0,24 | | |
| | | 51. Vyvrátit prodloužený pasový límec na lícni strnu pomocí obraceče, vymnout. | ruční práce | 0,33 | | |
| | | 55. Ozdobně prošit nákyrt do tvaru. | jednoehlový šicí stroj | 0,63 | | |
| | | | | 1,48 | | |
| 18. | 36. | 52. Zažehlit nákyrt a prodloužený pasový límec podle šablony a přežehlit prodloužený pasový límec z lícni strany. | žehlicí stůl | 0,81 | 1 | |
| | | 56. Vyžehlit podkryt. | žehlicí stůl | 0,40 | | |
| | | | | 1,21 | | |
| 19. | 37. | 57. Sešit krokové švy řetízkovým stehem. | řetízkový šicí stoj | 1,23 | 1 | |
| | | | | 1,23 | | |
| 20. | 38. | 58. Rozžehlit boční a krokové švy, vyvrátit kalhoty na lícni stranu. | ramenový žehlicí stůl | 1,45 | 1 | |
| | | | | 1,45 | | |
| 21. | 39. | 53. Upevnit hák na prodloužená pasový límec. | stroj na připevnění háku a očka | 0,35 | 1 | |
| | | 54. Upevnit očko. | stroj na připevnění háku a očka | 0,18 | | |
| | | | | | 0,53 | |
| | 40. | 59. Navléct běžec zdrhovadla na podkrytovou stranu podkrytového rozparku. | ruční práce | 0,16 | 1 | |
| | | 60. Spojit zdrhovadlo koncovou uzávěrkou. | stroj na připevnění koncové uzávěrky zdrhovadla | 0,25 | | |
| | | | | | 0,41 | |
| 41. | 64. | Ozdobně prošit šev podkrytu. | jednoehlový šicí stroj | 0,39 | 1 | |
| | | | | 0,39 | | |
| 22. | 42. | 61. Montáž kalhot v sedě se srovnáním a doměřením po rozparek, sešit od rozparku v jednom sledu s urovnáním pasového límce, sešit také přes pasový límec. | řetízkový šicí stoj | 1,26 | 1 | |
| | | | | 1,26 | | |
| 23. | 43. | 62. Rozžehlit sedovou záložku. | žehlicí stůl | 0,43 | 1 | |
| | | | | 0,43 | | |
| 44. | 63. | Našit krytou část podšívkového pasového límce na horní kraj kalhot zapošivacím stehem. | zapošivací stroj | 0,95 | 1 | |
| | | | | 0,95 | | |
| 24. | 45. | 65. Našit sedový podklad na podsádku podkrytu a přistříhnout. | jednoehlový šicí stroj | 0,36 | 1 | |
| | | | | 0,36 | | |
| | 46. | 68. Zhotovit 12 uzávěrek na poutka. | uzávěrkovací šicí stroj | 1,75 | 1 | |
| | | | | 1,75 | | |
| 47. | 66. Zhotovit uzávěrku z vnitřku rozparku. | uzávěrkovací šicí stroj | 0,31 | 1 | | |
| | 69. Zhotovit uzávěrku do rozparku – přichytit podkryt a lištu. | uzávěrkovací šicí stroj | 0,16 | | | |
| 25. | 67. | Zhotovit 4 uzávěrky na boční klínové kapsy. | uzávěrkovací šicí stroj | 0,45 | 1 | |
| | | | | 67A. Uzašit 2x1 uzávěrku u bočních kapes z rubu na boční šev k bočním kapsám z líce. | | uzávěrkovací šicí stroj |

| | | | | | |
|-----|-----|---|--------------------------------|------|----|
| | | | | 0,92 | |
| 48. | 70. | Zhotovit 2 bodové uzávěrky na váček bočních klínových kapes a šev z rubní strany. | bodový uzávěrkovací šicí stroj | 0,28 | 1 |
| | 71. | Zhotovit 3 bodové uzávěrky na sedový podklad. | bodový uzávěrkovací šicí stroj | 0,42 | |
| | 72. | Zhotovit 9 bodových uzávěrek na pasový límeček. | bodový uzávěrkovací šicí stroj | 1,08 | |
| | | | | 1,78 | |
| 49. | 73. | Naznačit a vyšít jednu díрку na prodloužený pasový límeček. | dírkovací šicí stroj | 0,31 | 1 |
| | 74. | Naznačit a vyšít jednu díрку na zadní kapsu. | dírkovací šicí stroj | 0,31 | |
| | | | | 0,62 | |
| 26. | 50. | 75. Očistit od konců nití a křídly, zabarvit dířky, uzávěrky. | pracovní stůl | 1,30 | 2x |
| | | | | 1,30 | |
| 51. | 75. | Očistit od konců nití a křídly, zabarvit dířky, uzávěrky. | pracovní stůl | 1,30 | 1 |
| | | | | 1,30 | |
| 27. | 52. | 77. Vyžehlit spodní část kalhot. | karuselový žehlicí stroj | 1,10 | 1 |
| | | | | 1,10 | |
| 28. | 53. | 78. Vyžehlit vrchní část nohavic s podložením šablony pod kapsy. | žehlicí lis | 1,53 | 2x |
| | | | | 1,53 | |
| | 54. | 78. Vyžehlit vrchní část nohavic s podložením šablony pod kapsy. | žehlicí lis | 1,53 | |
| | | | | 1,53 | |
| 29. | 55. | 80. Naznačit a přiřít jeden knoflík na prodloužený pas. límeček. | knoflíkovací šicí stroj | 0,21 | 1 |
| | | 81. Naznačit a přiřít jeden knoflík na zadní kapsu. | knoflíkovací šicí stroj | 0,21 | |
| | | | | 0,42 | |
| 56. | 82. | Doměřit a začistit ozoubkovaním dolní kraj kalhot. | speciální stroj | 0,42 | 1 |
| | 85. | Vyčistit kalhoty kartáčováním. | ruční práce | 0,49 | |
| | | | | 0,91 | |
| 30. | 57. | 79. Dožehlování. | žehlicí stůl | 1,12 | 2x |
| | | | | 1,12 | |
| | 58. | 79. Dožehlování. | žehlicí stůl | 1,12 | |
| | | | | 1,12 | |
| 59. | 83. | Výstupní technická kontrola. | pracovní stůl | 1,04 | 2x |
| | | | | 1,04 | |
| 60. | 83. | Výstupní technická kontrola. | pracovní stůl | 1,04 | 1 |
| | | | | 1,04 | |
| 31. | 61. | 84. Odstříhnout a vložit chránidlo do kapsy. | ruční práce | 0,18 | 1 |
| | | 86. Vložit kousek textilie do kapsy. | ruční práce | 0,07 | |
| | | 87. Převěsit kalhoty na ramínko. | ruční práce | 0,24 | |
| | | 88. Přichytit kalhoty na ramínko. | ruční práce | 0,20 | |
| | | 89. Visačka – knížečka na nit s plombou, pověsit na poutko. | ruční práce | 0,45 | |
| | | 90. Zavěsit logo na ramínko. | ruční práce | 0,10 | |
| | | 91. Navléct sáček na výrobek a pověsit na pojízdný stojan. | ruční práce | 0,38 | |
| | | | | 1,62 | |

Ně normočas

R počet pracovníků

Pozn. Termín **Pracovní místo** ve vlastním výpočtu se nerovná stejnému termínu používanému ve výrobním postupu.

Pracovní místo jsou jednotlivé pozice ve výrobní lince, tzn. jednotlivé šicí stroje, žehlicí lisy, pracovní stoly apod.

⇒ Z toho vyplývá, že pokud by na každé pozici byl 1 pracovník, někteří pracovníci by byli silně nevyužití.

⇒ Pracovníci obsluhují vždy několik pozic (takto je definován pojem v terminologii výrobního postupu).

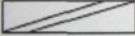

























Kolik pozic obsluhuje 1 pracovník, ale tento příklad neřeší. Je to příliš empirické. Toto musí řešit až vlastní výroba, která vychází z počtu pracovníků, ze znalostí zručnosti jednotlivých pracovníků (viz minulý příklad), konkrétní prostorové organizace výrobních prostor a z technických výpočtu založených na pracovním předpisu.

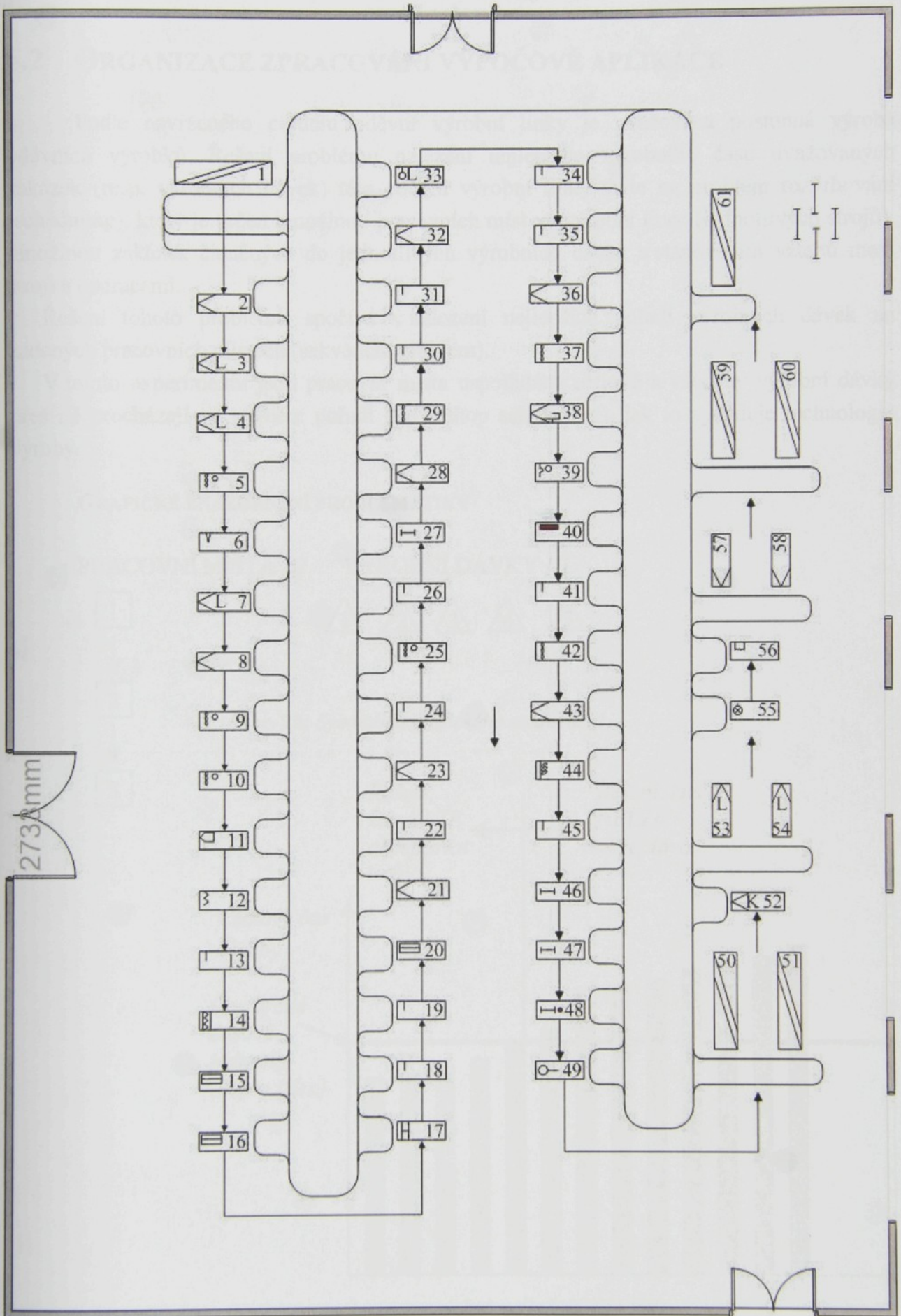
⇒ Tento příklad také neřeší prostoje, kdy přechází jeden pracovník mezi pozicemi. ⇒ Nejsou k tomu podklady ⇒ toto se dá řešit až na základě znalostí zručnosti pracovníků a reálné organizace výrobní linky.

6.1.4 PLÁN PODLAŽÍ

Prostor mezi šicími stroji je 900 mm.

LEGENDA - PLÁN PODLAŽÍ

| | | | |
|--|----------------------------|---|---|
|  | Pracovní stůl |  | Poloautomat |
|  | Žehlicí stůl |  | Stroj na připevnění koncové uzávěrky zipu |
|  | Žehlicí lis |  | Stroj na připevnění háčku a očka |
|  | Karuselový žehlicí stroj |  | Knoflíkovací stroj |
|  | Ramenový žehlicí stůl |  | Dirkovací stroj |
|  | Jednoehlový šicí stroj |  | Jednoehlový šicí stroj s klikatým stehem |
|  | Třínitý obnitkovací stroj |  | Poloautomat |
|  | Pětinitý obnitkovací stroj |  | Poloautomat |
|  | Řetízkový stroj |  | Poloautomat |
|  | Zapošivací stroj |  | Lemovací stroj |
|  | Uzávěrkovací stroj |  | Speciální stroj |
|  | Bodový uzávěrkovací stroj |  | Poloautomat |
| | |  | Pojízdný stojan |
| | |  | Výrobní tok mezi pracovními místy |



Obr. 19: Plán podlaží

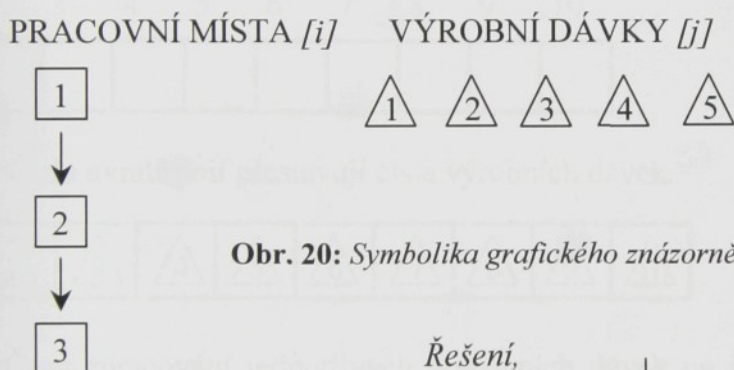
6.2 ORGANIZACE ZPRACOVÁNÍ VÝPOČOVÉ APLIKACE

Podle navrženého modelu oděvní výrobní linky je uvažována postupná výroba oděvních výrobků. Řešení problému nalézání nejlepšího výrobního času uvažovaných zakázek (resp. výrobních dávek) této oděvní výrobní linky vede na problém rozvrhování (scheduling), který je určen množinou pracovních míst ve výrobní lince (jednotlivých strojů), množinou zakázek členěných do jednotlivých výrobních dávek a stanovením vztahů mezi stroji a operacemi.

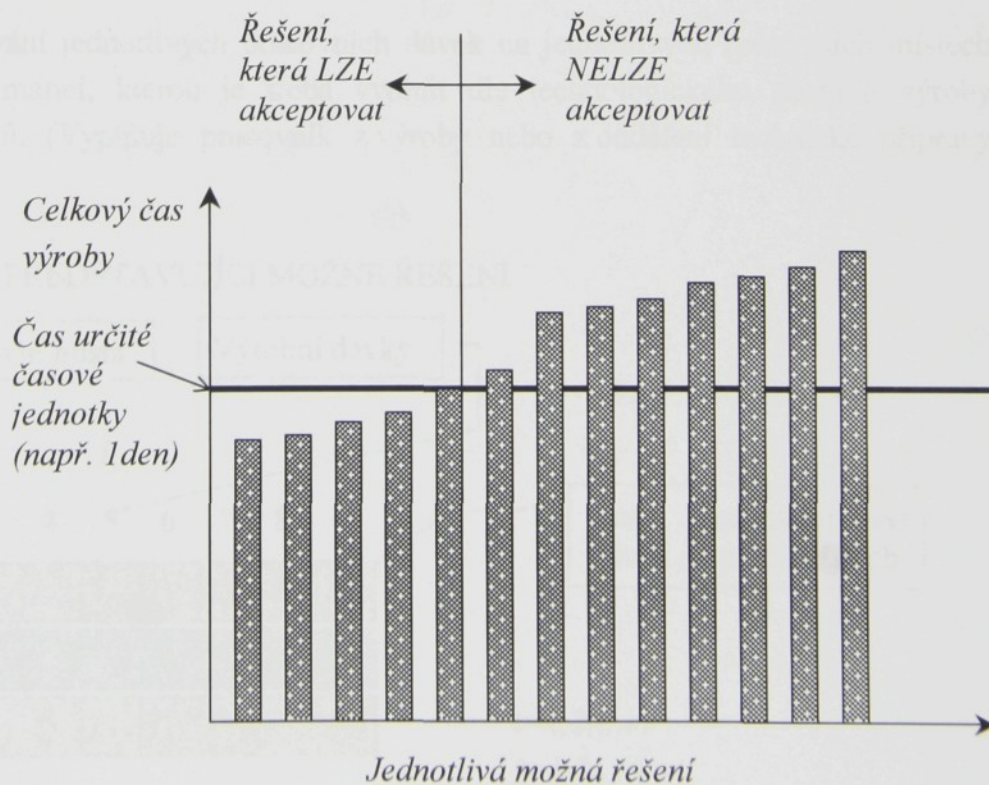
Řešení tohoto problému spočívá v nalezení nejlepších pořadí výrobních dávek na zadaných pracovních místech (sekvenční problém).

V tomto experimentu jsou pracovní místa uspořádána sériově a všechny výrobní dávky přes ně procházejí ve stejném pořadí (flow shop scheduling), jak to vyžaduje technologie výroby.

GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ PROBLEMATIKY



Obr. 20: Symbolika grafického znázornění



Obr. 21: Příklad řešení, která mohou nastat

6.3 PARAMETRY GA

V následujících kapitolách je popsán postup aplikace optimalizačního algoritmu pro hledání optimálního pořadí výrobních dávek s ohledem na minimalizaci celkového výrobního času.

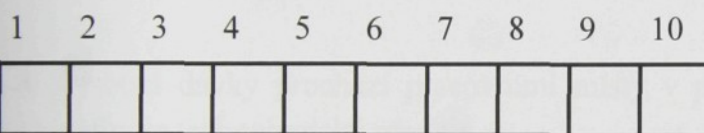
Popsaný postup vychází ze základní metodiky používané pro výpočet optimalizace pomocí genetických algoritmů. Viz kapitola 5 GENETICKÉ ALGORITMY strana 25.

6.3.1 KÓDOVÁNÍ

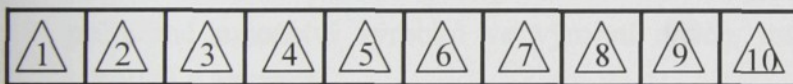
Vzhledem ke složitosti a charakteru problému byl zvolen postup kódování řetězce celými čísly, kde číslo v poli řetězce představuje výrobní dávku a vlastní pole představují pořadí zpracování výrobních dávek.

Popis řetězce pro kódování.

Jednotlivá pole řetězce představují pořadí zpracování výrobních dávek.

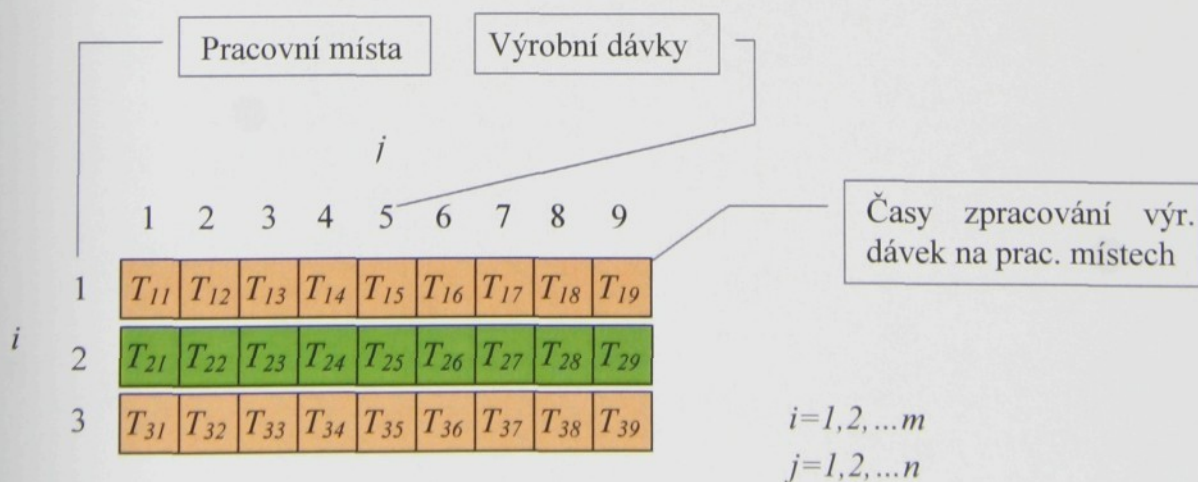


Čísla uvnitř polí představují čísla výrobních dávek.



Časy zpracování jednotlivých pracovních dávek na jednotlivých pracovních místech jsou dány vstupní maticí, kterou je třeba vyplnit dle technologického postupu výroby jednotlivých výrobků. (Vyplňuje pracovník z výroby nebo z oddělení technické přípravy výroby.)

ŘETĚZEC PŘEDSTAVUJÍCÍ MOŽNÉ ŘEŠENÍ



T_{ij} časová náročnost na zpracování výrobní dávky na určitém pracovním místě

Tyto časy jsou dány vstupní maticí, která se vyplňuje dle aktuálních výrobků a jejich technologických časů.

6.3.2 VÝPOČET FITNESS

Pro názornost stanovení výpočtu fitness bylo třeba vytvořit náhodnou matici vstupních dat. Např. 3 pracovní místa a 3 výrobní dávky. Tato data nemají reálný základ v oděvní výrobě, jsou vymyšlená pouze pro ilustraci výpočtu fitness.

$$i \begin{matrix} & i \\ \begin{bmatrix} 20 & 10 & 45 \\ 10 & 25 & 15 \\ 30 & 35 & 10 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

- ✘ výrobní dávky prochází pracovními místy v postupném sledu $i_1 - i_2 - i_3$, tak jak to definuje technologický předpis
- ✘ výrobní dávky jsou různě veliké, tzn. různý čas na zpracování na výrobní lince; velikost dávek závisí na velikosti zbytkového množství zakázky, je definováno standardní průměrné množství výrobků ve výrobní dávce, toto množství se upravuje dle počtu výrobků v zakázce.
- ✘ výpočtem postupného sledu výroby jednotlivých výrobních dávek se stanovuje plán výroby na určitou časovou jednotku \Rightarrow lze provést opětovný výpočet kdykoliv je třeba přehodnotit plán výroby (z důvodů
 - nově přibylých zakázek
 - poruch, apod.)

VÝPOČET FITNESS

Z předchozích nadefinovaných podmínek a uvedeného praktického příkladu možné situace je následně stanovena obecná definice fitness pro výpočet času nutného pro zpracování výrobních dávek v obecném pořadí na jednotlivých pracovních místech.

$$T = FIT_{m,n} \quad (15)$$

Tcelkový čas na zpracování n výrobních dávek na m pracovních místech

$FIT_{m,n}$ časová náročnost dokončení operace na n -té výrobní dávce na m -tém prac. místě

Pozn. Značení v obecné definici se liší od značení ve vlastním výpočtu (tzn. i v praktickém příkladě). Je to dáno nemožností výpočtového software vypisovat dolní indexy.

$$FIT_{m,n} = FIT_{m,n-1} + T_{m,n} \quad \text{jestliže } FIT_{m,n-1} \geq FIT_{m-1,n}$$

$$FIT_{m,n} = FIT_{m-1,n} + T_{m,n} \quad \text{jestliže } FIT_{m,n-1} < FIT_{m-1,n}$$

$$FIT_{m,n-1} = FIT_{m,n-2} + T_{m,n-1} \quad \text{jestliže } FIT_{m,n-2} \geq FIT_{m-1,n-1}$$

$$FIT_{m,n-1} = FIT_{m-1,n-1} + T_{m,n-1} \quad \text{jestliže } FIT_{m,n-2} < FIT_{m-1,n-1}$$

$$FIT_{m-1,n} = FIT_{m-1,n-1} + T_{m-1,n} \quad \text{jestliže } FIT_{m-1,n-1} \geq FIT_{m-2,n}$$

$$FIT_{m-1,n} = FIT_{m-2,n} + T_{m-1,n} \quad \text{jestliže } FIT_{m-1,n-1} < FIT_{m-2,n}$$

$$FIT_{m-1,n-1} = FIT_{m-1,n-2} + T_{m-1,n-1} \quad \text{jestliže } FIT_{m-1,n-2} \geq FIT_{m-2,n-1}$$

$$FIT_{m-1,n-1} = FIT_{m-2,n-1} + T_{m-1,n-1} \quad \text{jestliže } FIT_{m-1,n-2} < FIT_{m-2,n-1}$$

⋮

$$FIT_{2,3} = FIT_{2,2} + T_{2,3} \quad \text{jestliže } FIT_{2,2} \geq FIT_{1,3}$$

$$FIT_{2,3} = FIT_{1,3} + T_{2,3} \quad \text{jestliže } FIT_{2,2} < FIT_{1,3}$$

$$FIT_{2,2} = FIT_{2,1} + T_{2,2} \quad \text{jestliže } FIT_{2,1} \geq FIT_{1,2}$$

$$FIT_{2,2} = FIT_{1,2} + T_{2,2} \quad \text{jestliže } FIT_{2,1} < FIT_{1,2}$$

$$FIT_{1,3} = T_{1,1} + T_{1,2} + T_{1,3}$$

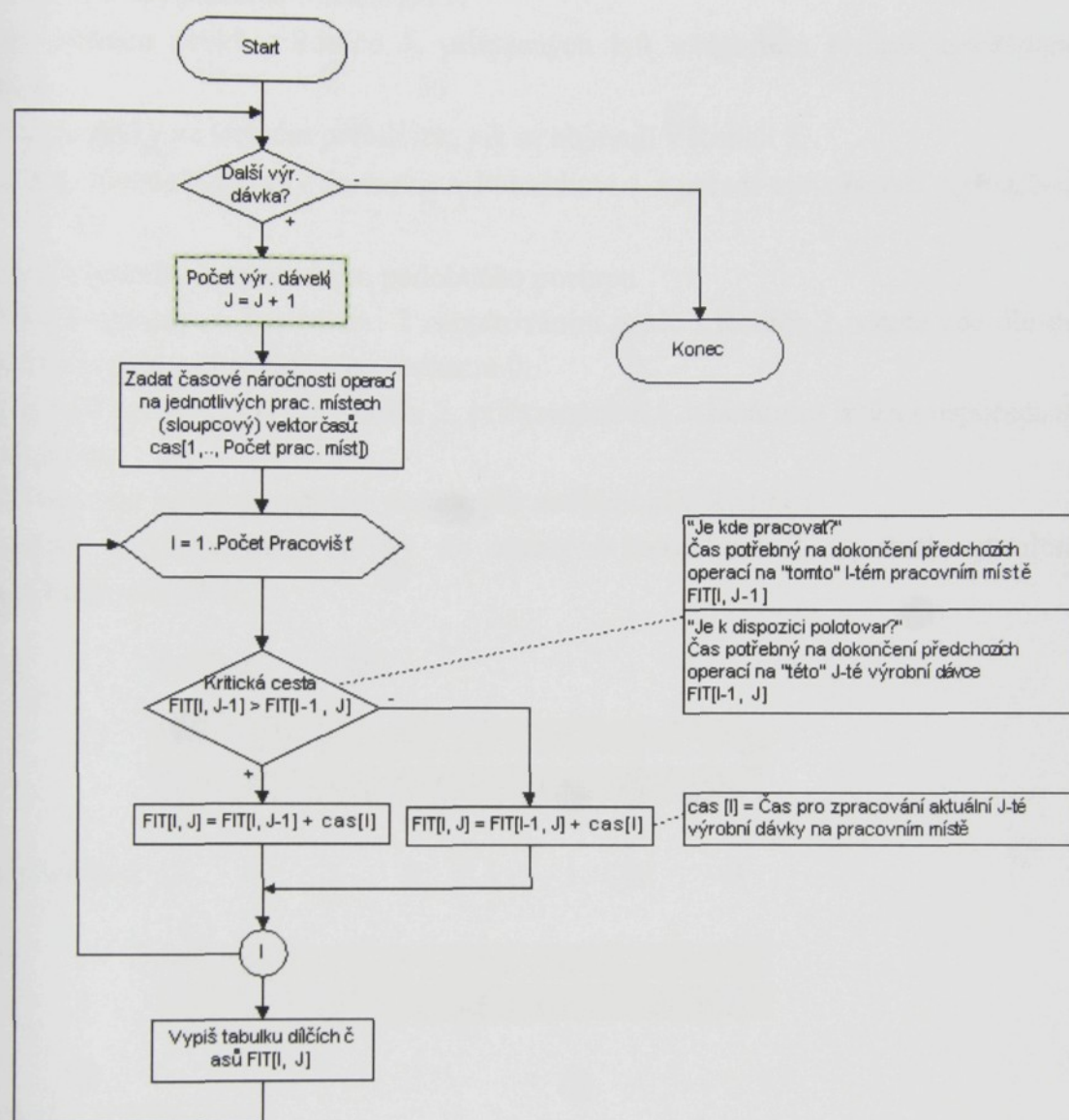
$$FIT_{2,1} = FIT_{1,1} + T_{1,2}$$

$$FIT_{1,2} = T_{1,1} + T_{1,2}$$

VÝVOJOVÝ DIAGRAM PRO VYTVOŘENÍ APLIKACE V PROGRAMU C++

VÝPOČET FITNESS

Varianta: počet výrobních dávek není předem znám, postupné přidávání.



Obr. 22: Výpočet fitness (kvality) řetězců

6.3.3 KRÍŽENÍ

Postup křížení byl sestaven na základě metodiky uvedené v práci Keith, C.C. Chan, Ptrick, D.L. Hui, Yeung, K.W., Frency, S.F. Ng: Handling the assembly line balancing problem in clothing industry using a genetic algorithm, International Journal of Clothing Science and Technology, 10/1998 [24].

Postup křížení, v případě, že řetězec není binární:

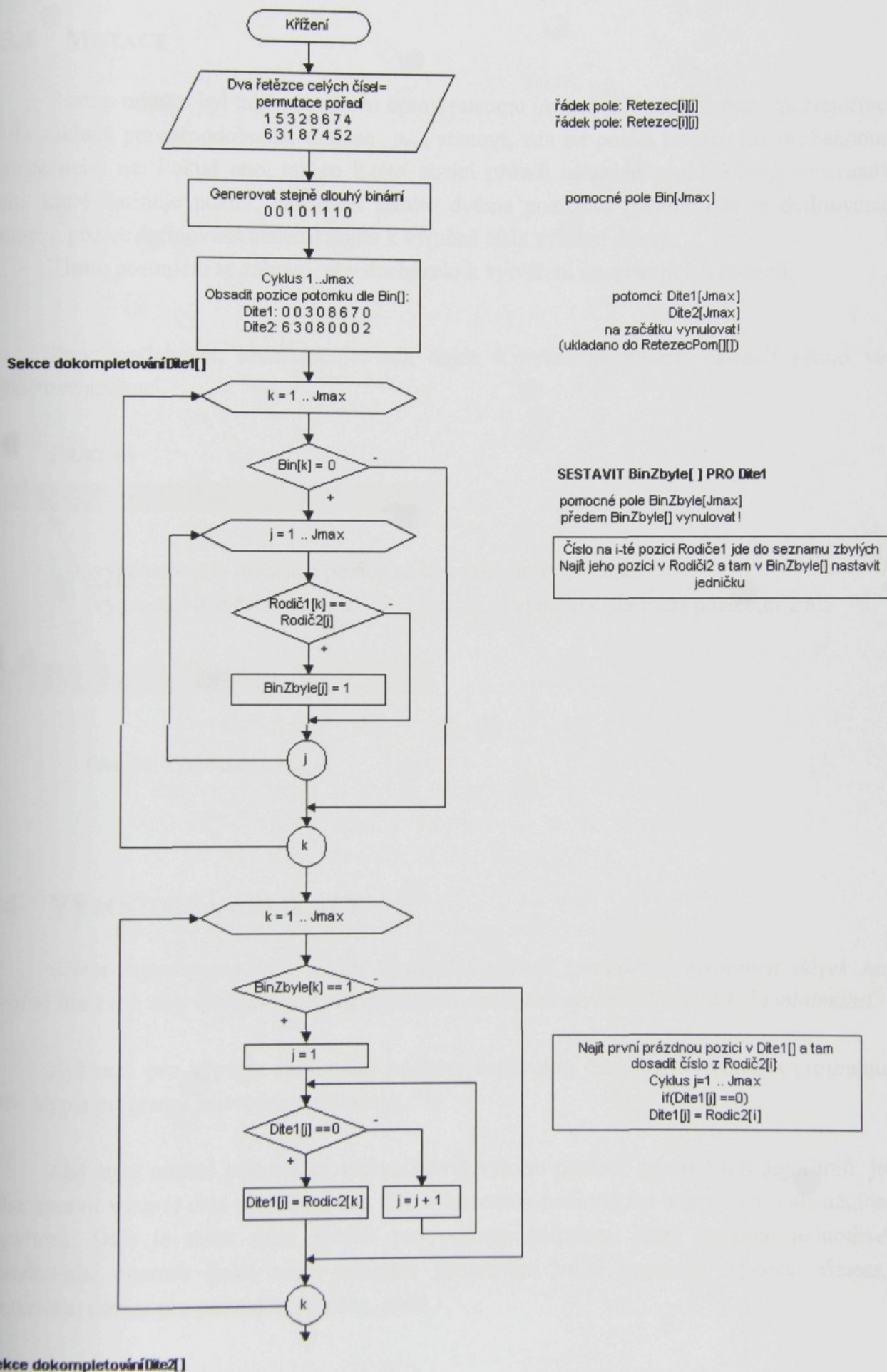
- Vygenerovat binární řetězec, který je stejně dlouhý jako rodič.
- Vyplnit pozice na Potomkovi 1 zkopírováním pozic z Rodiče 1, všude kde obsahuje binární řetězec uspořádaného seznamu 1.
- Vytvořit seznam prvků z Rodiče 1, přiřazených k 0 v binárním řetězci uspořádaného seznamu.
- Seřadit tyto prvky ve stejném pořadí tak, jak se objevují v Rodiči 2.
- Vypsát tyto obměněné prvky do mezer v Potomkovi 1 v pořadí vytvořeném v předchozím bodě.
- Vytvoření Potomka 2, vykonáním podobného postupu.
 - Vyplnit pozice na Potomkovi 2 zkopírováním pozic z Rodiče 2, všude kde obsahuje binární řetězec uspořádaného seznamu 0.
 - Vytvořit seznam prvků z Rodiče 2, přiřazených k 1 v binárním řetězci uspořádaného seznamu.
 - Seřadit tyto prvky ve stejném pořadí, jak se objevují v Rodiči 1.
 - Vypsát tyto obměněné prvky do mezer v Potomkovi 2 v pořadí vytvořeném v předchozím bodě.

Příklad

| | | | | | | | | |
|-------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Rodič 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Rodič 2 | 8 | 6 | 4 | 2 | 7 | 5 | 3 | 1 |
| Uspořádaný seznam | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| Potomek 1 | 8 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 1 |
| Potomek 2 | 8 | 4 | 5 | 2 | 6 | 7 | 3 | 1 |

Obr. 23: Příklad křížení

Pravděpodobnost, která určovala, zda dojde ke křížení byla v tomto případě 1,0. V další verzi experimentu bude upravena na 0,6; což odpovídá hodnotě, kterou obecně doporučuje literatura.



Obr. 24: Vývojový diagram postupu křížení

6.3.4 MUTACE

Postup mutace byl také pozměněn oproti postupu mutace u binárních řetězců. Nejdříve se na základě pravděpodobnosti mutace p_{mut} stanoví, zda na pozici řetězce má proběhnout mutace nebo ne. Pokud ano, tak se k této pozici přiřadí náhodně zvolené (vygenerované) číslo, které definuje pozici. Pak mezi těmito dvěma pozicemi (pozice kde je definovaná mutací a pozice definovaná číslem) dojde k výměně čísla výrobní dávky.

Tímto postupem se zabrání, aby docházelo k vytváření neexistujících řetězců.

Pravděpodobnost, která určuje, zda dojde k mutaci je možno nastavit přímo ve výpočtové aplikaci.

PŘÍKLAD

1 2 3 4 5 6 7 8



vygenerovaný řetězec a pozice na které má dojít k mutaci

vygenerované číslo mutace 5, tzn. že se vymění čísla mezi pozicemi 2 a 5

1 5 3 4 2 6 7 8

Obr. 25: Příklad mutace

6.4 VÝPOČTOVÁ APLIKACE

Cílem experimentu bylo nalézt optimální pořadí zpracování výrobních dávek na výrobní lince tak, aby výsledná celková doba hotovení všech výrobních dávek byla minimální.

Aplikace pro výpočet minimální hodnoty celkového času byl vytvořen v programu C++. Výpis programu je uveden v příloze A.

Aby bylo možné pokusit se optimalizovat výrobu pomocí genetických algoritmů, je třeba upravit vstupní data problému tak, aby vyhovovala podmínkám tohoto optimalizačního algoritmu. Dále je třeba data upravit pro potřeby softwaru, který provede jednotlivé matematické operace (jako např. náhodné generování nulté populace, výpočet fitness, generování pozice pro provedení mutace, apod.)

6.4.1 STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA

Program Genal2.exe se nesnaží být příliš uživatelsky přátelský a odolný vůči nesprávnému zadání dat. (Např. nejsou prováděny důsledné kontroly rozměrů zadávaných tabulek, počet dávek je určen podle počtu prvků v prvním řádku načtené tabulky časů operací apod.)

Program se sestaven tak, aby umožňoval kompletní trasování a „ruční“ kontrolu průchodu algoritmem. Proto obsahuje celou sadu dílčích výstupů, kde je možno transformaci řetězců sledovat.

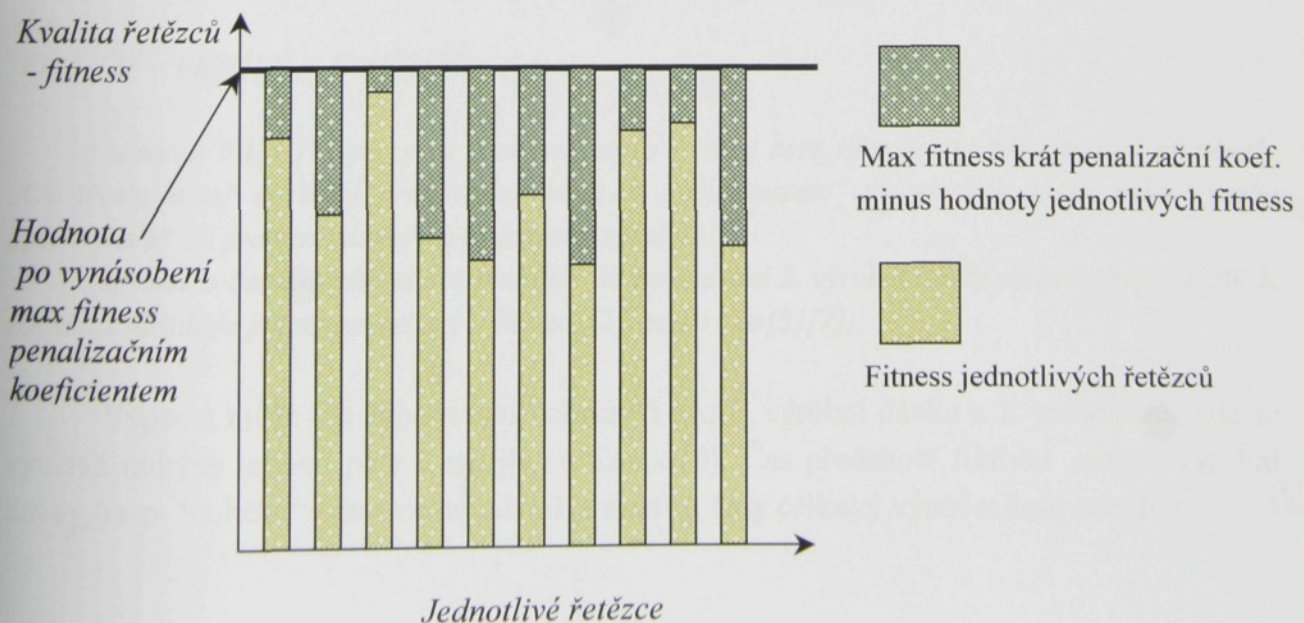
Po zadání vstupních dat program umožňuje projít vznik nové generace po dílčích krocích (postupně tlačítka: „Reprodukce“ -> „Křížení“ -> „Mutace“ -> „Výstup na Vstup“), nebo kompletní výpočet N+1 generace vyvolat stiskem tlačítka „1 Generace“, eventuelně tlačítkem „Go“ v boxu „X Generací“ vyvolat výpočet zadaného počtu po sobě následujících generací.

6.4.2 URČENÍ FITNESS; PENALIZAČNÍ KOEFICIENT

Pro danou sadu řetězců se vypočítají celkové časy zpracování výrobních dávek na výrobní lince. Pořadí výrobních dávek je definováno řetězcem.

Z těchto časů se vybere maximální čas. Ten se vynásobí zadaným **PENALIZAČNÍM KOEFICIENTEM**. (Penalizační koeficient ≥ 1). Od takto získaného času se odečtou jednotlivé časy řetězců. Z takto získaných hodnot se provádí náhodný výběr na základě principu vážené rulety.

Tímto krokem se problém převede z problému hledání minima na problém hledání maxima a volitelně se (dle penalizačního koeficientu) zvýrazní rozdíly mezi řetězci pro váženou ruletu reprodukce, což je v podstatě princip **ŠKÁLOVÁNÍ**.



Obr. 26: Princip škálování pomocí penalizačního koeficientu

VÝPOČET FITNESS VE VÝPOČTOVÉM ALGORITMU PROGRAMU

Pořadí výrobků je uloženo v celočíselném poli Retezec[101]

```
CisloVyrobku = Retezec[j];
if(Fit[i][j-1] > Fit[i-1][j])
  Fit[i][j] = Fit[i][j-1] + Cas[i][CisloVyrobku];
else
  Fit[i][j] = Fit[i-1][j] + Cas[i][CisloVyrobku];
```

Při výpočtu celkové Fitness se počítají dílčí časy $Fit[m][n]$.

m – číslo pracovního místa

n – pořadí výrobní dávky

Časová náročnost tohoto mezičasu se určí jako delší čas z podmínek:

- „Je kde pracovat? Byla ukončena předchozí výrobní dávka?“
- „Je co zpracovávat? Je k dispozici hotový polotovár (rozpracovaná výrobní dávka)?“

Pro pokračování výroby musí být splněny obě tyto podmínky.

Časová náročnost se čerpá z tabulky časových náročností $Cas[i][CisloVyrobku]$.

Příklad:

$Fit[5][2]$, $Retezec[4, 7, 3, \dots]$ (tedy $i = 5, j = 2$)

Mezičas pro páté pracovní místo. Počítá se druhá výrobní dávka, ale její skutečný index, „název“ je uložen v poli $Retezec[]$ na druhé pozici a je tedy roven 7.

```
CisloVyrobku = 7;
if(Fit[5][1] > Fit[4][2])
  Fit[5][2] = Fit[5][1] + Cas[5][7];
else
  Fit[5][2] = Fit[4][2] + Cas[5][7];
```

Mezičas $Fit[5][2]$ pro páté pracovní místo se tedy bere jako delší z předchozích mezičasů: „Co trvalo déle: uvolnění pracovního místa 5 „polotovarem“ 1. výrobní dávky nebo výroba „polotovaru“ 2. pracovní dávky na pracovním místě 4?“

K tomuto času se přičítá čas potřebný ke zpracování 2. výrobní dávky na pracovním místě 5. (Dávka 2 obsahuje polotovár určený v $Retezec[2]$, proto $Cas[5][7]$).

Výpočet může být zapsán takto obecně i pro 1. výrobní dávku a 1. pracoviště. Zde se využívá nulových indexů pole $Cas[0][x]$ a $Cas[x][0]$. Čas předchozí fiktivní „nulté“ výrobní dávky (resp. „nultého“ pracovního místa) je nulový, tedy celkový výpočet času neovlivní.

6.4.3 VÁŽENÁ RULETA REPRODUKCE

Velikost intervalů (výsečí) na vážené ruletě reprodukce jsou stanoveny na základě kvality řetězců – fitness. Součet fitness všech řetězců aktuální generace je roven 100%, resp. 1. Procentuální podíl intervalu vážené rulety odpovídajícímu určitému řetězci je roven procentuálnímu podílu fitness tohoto řetězce v součtu fitness všech řetězců. Jednotlivé intervaly se načítají, tzn. stupnice vážené rulety je na intervalu $\langle 0, 1 \rangle$.

Tab. 12: Příklad stanovení intervalů na vážené ruletě

| Řetězec č. | Fitness řetězce | Hodnoty po uplatnění penalizačního koeficientu | Podíly výseče | Horní hranice intervalů |
|------------|-----------------|--|---------------|-------------------------|
| 1 | 1789,61 | 89,4805 | 0,079486 | 0,079486 |
| 2 | 1761,75 | 117,3405 | 0,104235 | 0,183721 |
| 3 | 1757,44 | 121,6505 | 0,108063 | 0,291784 |
| 4 | 1779,01 | 100,0805 | 0,088902 | 0,380686 |
| 5 | 1754,15 | 124,9405 | 0,110986 | 0,491672 |
| 6 | 1761,17 | 117,9205 | 0,10475 | 0,596422 |
| 7 | 1752,1 | 126,9905 | 0,112807 | 0,709229 |
| 8 | 1768,09 | 111,0005 | 0,098603 | 0,807831 |
| 9 | 1770,47 | 108,6205 | 0,096489 | 0,90432 |
| 10 | 1771,38 | 107,7105 | 0,09568 | 1 |
| součet | 17665,17 | | 1 | |

| |
|--------|
| 7,95% |
| 10,42% |
| 10,81% |
| 8,89% |
| 11,1% |
| 10,48% |
| 11,28% |
| 9,86% |
| 9,65% |
| 9,57% |

6.4.4 KŘÍŽENÍ

Křížení je prováděno na základě postupu, který je uveden v kapitole 6.3.3 Křížení na straně 71.

Nejprve dojde k náhodnému „přeházení“ řetězců, sousední řetězce ve vzniklém sledu tvoří dvojice. Potom dojde k výběru dvojic řetězců pro křížení dle pravděpodobnosti křížení. Pravděpodobnost křížení je možno nadefinovat v příslušném poli dialogového okna. Pak následuje generování binárního řetězce pro postup křížení a vytvoření nových řetězců – potomků.

```
// KRIZENI SADY RETEZCU
// ROZHODNOUT DLE Prsti ZDA KRIZIT CI NE
// POKUD KRIZIT - VOLAT KrizDva(i) TAM ZKRIZENI DVOJICE
// VYGENEROVAT Bin RETEZEC A DLE NEJ OBSADIT PRVNI POZICE Deti
// SESTAVIT BinZbyte[] PRO Dite1
// DOKOMPLETOVANI Dite1 DLE BinZbyte[]
// SESTAVIT BinZbyte[] PRO Dite2
// DOKOMPLETOVANI Dite2 DLE BinZbyte[]
// POKUD NEKRIZIT
// VYPSAN NULOVY Bin[]
// DO RetezecPom i-ty a i+1 RETEZEC OPSAT BEZ ZMENY
```


KŘÍŽENÍ – VYSVĚTLUJÍCÍ PŘÍKLAD

Reprodukované řetězce: 0 1 1 0 0 0 1 1 0 0 Binární řetězec
(Přeházené)

5 4 8 0 7 9 2 1 6 3
1 2 5 3 7 4 8 0 6 9
5 0 4 9 1 6 3 2 8 7
5 2 9 6 3 7 1 0 4 8
0 7 2 3 5 6 8 9 4 1
1 2 5 3 7 4 8 0 6 9
1 2 5 3 7 4 8 0 6 9
3 6 1 0 2 5 7 8 9 4
6 4 1 9 5 8 0 7 2 3
5 0 4 3 7 9 6 2 1 8
0 5 1 6 9 2 8 4 3 7
2 1 3 4 6 9 8 0 5 7

5 0 7 9 6 3 - Postrádané znaky v 1. řetězci (na jejich pozici nuly v binárním ř.)
7 2 5 0 1 6 - Indexy postrádaných znaků v párovém řetězci. (např č. 5 je v 2.řetězci na třetí pozici)
2 5 8 0 - Postrádané znaky v 2. řetězci (na jejich pozici jedničky v binárním ř.)
3 9 7 6 - Indexy postrádaných znaků v párovém řetězci. (např č. 2 je v 1.řetězci na sedmé pozici)
atd.

KŘÍŽENÍ SOUHRN

Reprodukované řetězce: (vstup)

5 4 8 0 7 9 2 1 6 3
1 2 5 3 7 4 8 0 6 9
5 0 4 9 1 6 3 2 8 7
5 2 9 6 3 7 1 0 4 8
0 7 2 3 5 6 8 9 4 1
1 2 5 3 7 4 8 0 6 9
1 2 5 3 7 4 8 0 6 9
3 6 1 0 2 5 7 8 9 4
6 4 1 9 5 8 0 7 2 3
5 0 4 3 7 9 6 2 1 8
0 5 1 6 9 2 8 4 3 7
2 1 3 4 6 9 8 0 5 7

Křížené: (výstup)

5 4 8 0 7 9 2 1 6 3
1 2 5 3 7 4 8 0 6 9
5 0 4 9 1 6 3 2 8 7
5 2 0 9 1 6 3 8 4 7
2 3 7 8 5 0 6 9 4 1
1 2 5 3 7 4 8 0 6 9
1 3 6 2 7 5 8 0 9 4
2 6 1 0 3 5 7 8 9 4
6 5 1 4 3 8 0 7 9 2
6 0 4 3 7 9 5 2 1 8
0 1 6 5 9 2 8 4 3 7
0 1 3 4 5 6 9 2 8 7

Binární řetězce: (pomocne)

0 1 1 0 0 0 1 1 0 0
5 0 7 9 6 3
7 2 5 0 1 6
2 5 8 0
3 9 7 6
1 0 1 1 1 1 1 1 0 1
0 8
2 0
5 9 6 3 7 1 0 8
9 6 4 3 0 5 8 1
0 0 0 0 1 0 0 0 1 1
0 7 2 3 6 8 9
2 5 8 6 1 3 0
7 6 9
8 4 2
1 0 0 0 1 0 1 1 0 0
2 5 3 4 6 9
5 4 9 0 8 1
3 2 7 8
6 8 5 3
1 0 1 0 0 1 1 1 0 0
4 9 5 2 3
7 4 9 2 6
5 4 9 6 2
5 8 6 9 1
0 0 1 1 1 1 1 0
5 1 6 7
1 8 5 0
2 6 9 8 0 5
4 6 5 3 9 8
64
18
7
15
22
55

Pozn. Vzhledem k rozsáhlosti matice experimentálních dat není tato matice prezentována pro názorný příklad.

6.4.5 MUTACE

Mutace je prováděna na základě postupu, který je uveden v kapitole 6.3.4 Mutace na straně 74. Pravděpodobnost mutace je možno nadefinovat v příslušném poli dialogového okna.

// MUTACE S DANOU PRAVDEPODOBNOSTI

// VYLOSOVAT, ZDA NA MISTE DOJDE K MUTACI A S JAKYM SLOUPCEM

Vygenerované místo mutace

4-8 na příslušném řádku příslušného vygenerovaného řetězce;

Vygenerované dvojčíslí znamená, že dojde k výměně číslic mezi 4. a 8. pozicí.

| Křížené: (vstup) | Mutované: (výstup) | Místa mutací: (pomocné) |
|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 5 4 8 0 7 9 2 1 6 3 | 5 4 8 0 7 9 2 1 6 3 | |
| 1 2 5 7 4 8 6 9 | 1 2 5 6 7 4 8 7 9 | 4-8 |
| 5 0 4 9 1 6 3 2 8 7 | 5 0 4 9 1 6 3 2 8 7 | |
| 5 2 0 9 1 6 3 8 4 7 | 5 2 0 9 1 6 3 8 4 7 | |
| 2 3 7 8 5 0 6 9 4 1 | 2 3 7 8 5 0 6 9 4 1 | |
| 1 2 5 3 7 4 8 0 6 9 | 1 2 5 3 7 4 8 0 6 9 | |
| 1 3 6 2 7 5 8 0 9 4 | 1 3 6 2 7 5 8 0 9 4 | |
| 2 6 1 0 3 5 7 8 9 4 | 2 6 1 0 3 5 7 8 9 4 | |
| 6 5 1 3 8 0 7 9 6 | 6 5 1 6 3 8 0 7 9 3 | 4-10 |
| 6 0 4 3 7 9 5 2 1 8 | 6 0 4 3 7 9 5 2 1 8 | |
| 0 1 6 5 9 2 8 4 3 7 | 0 1 6 5 9 2 8 4 3 7 | |
| 0 1 3 4 5 6 9 2 8 7 | 0 1 3 4 5 6 9 2 8 7 | |

Pozn. Vzhledem k rozsáhlosti matice experimentálních dat není tato matice prezentována pro názorný příklad.

6.4.6 PRŮCHOD PROGRAMEM

- krokováním** tlačítka: „Reprodukce“ -> „Křížení“ -> „Mutace“ -> „Výstup na Vstup“
Opakování operace (např. „Reprodukce“ -> „Reprodukce“ -> „Reprodukce“) není blokováno. Protože se však zpětně nepřepisují výchozí data („Reprodukované“ do „Generace N“ může to vést k matoucím dojmům.
- 1 Generace** kompletní průchod jednou generací
- X generací** výpočet zadaného počtu generací

UKONČENÍ PROGRAMU

Tlačítkem „Close“ vlevo dole. Netradiční umístění vlevo dole vyplývá z prostorové dispozice rozlišení 800x600 pixelů.

A. KROKOVÁNÍ - POSTUPNÝ VÝPOČET

1. krok
Vstup dat

2. krok
Reprodukce

3. krok
Křížení

4. krok
Mutace

5. krok
Výstupní data z mutace vložit na vstup

Vstupní data

Počet výrobních dávek 40

Časové náročnosti

Počet pracovišť 61

18,10;18,10;2,08;24,98;27,06;18,10;9,00;9,00;1,04;12,42;13,46;9,00;11,2,10;2,10;0,24;2,90;3,14;2,10;2,73;2,10,30;10,30;1,18;14,21;15,40;10,30

Load Clear

Řetězce

Počet řetězců v generaci 10

14,7,3;13,31;36,6;28,32;8,19;26,2,15;30,33;39,9,13;35,16,5,1,26;24,8,31,36,12,2,28,6,4,17;18,10,2,17;18,5,11,8,12,25;20,7,19;38,34,15,39,3

Náhodně Load Clear OK

Vyplnit matici vstupních dat ručně nebo ze souboru

Vygenerovat nebo vložit 1. generaci řetězců

1. Zadání vstupních dat:

Tlačítko „Vstup dat“

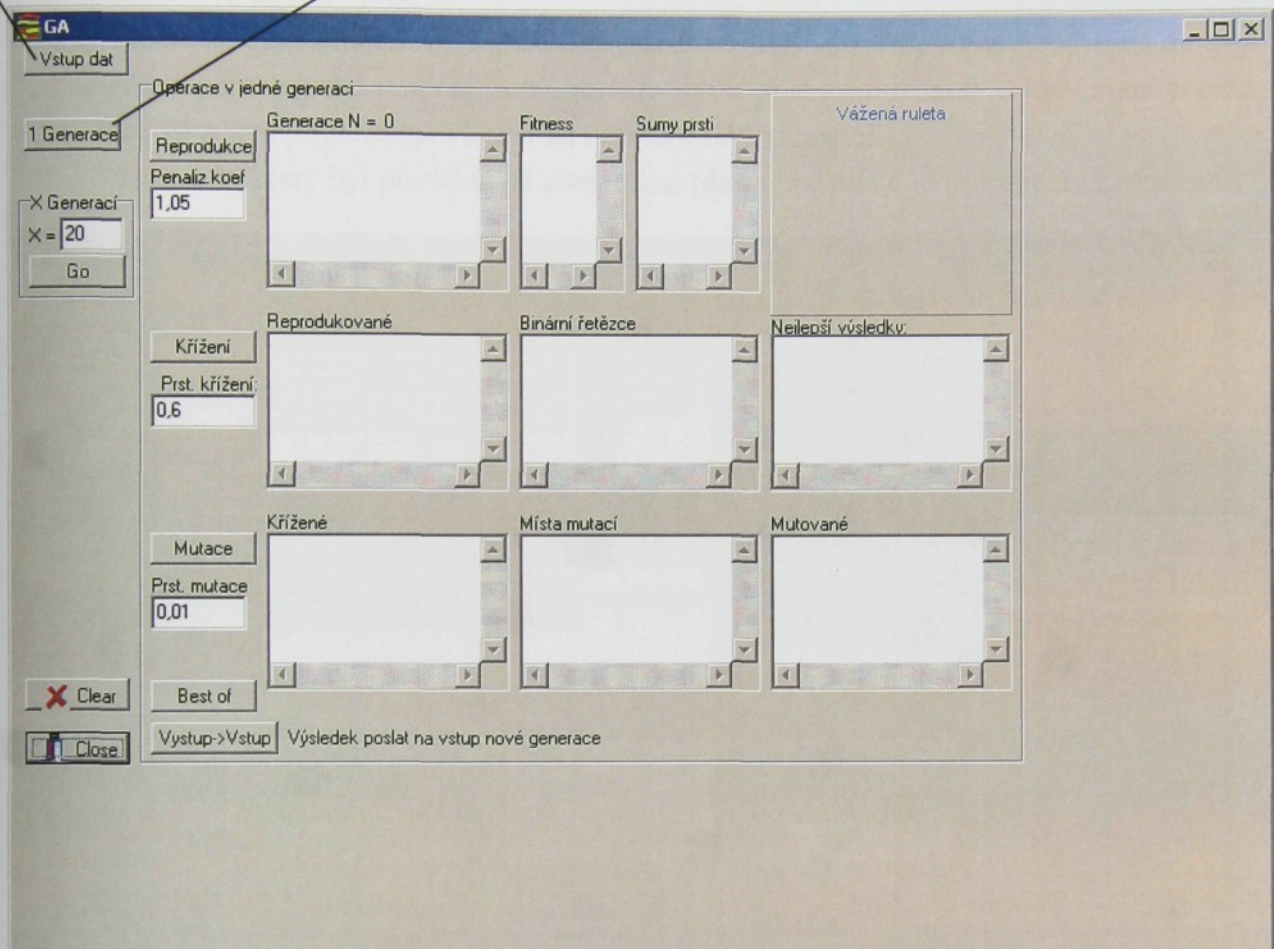
- časové náročnosti lze načíst (nebo ručně zapsat) ve formě *.csv tabulky, kde jsou jednotlivé prvky odděleny středníky. Tabulku *.csv lze standardně připravit např. v Excelu.
- počet řetězců v generaci
- řetězce nechat náhodně vygenerovat nebo opět načíst z připraveného *.csv souboru

Obr. 27: Prostředí výpočtu - Krokování

B. JEDNOKROKOVÝ VÝPOČET

1. krok
Vstup dat viz. A.

2. krok
1 Generace



Obr. 28: Prostředí výpočtu – Jednokrokový výpočet

C. POSTUP X GENERACÍ

Stejný postup jako v B. jen v 2. kroku nezadávat 1 Generace, ale X Generací.

D. ZACHYCENÍ NEJLEPŠÍCH VÝSLEDKŮ DO „BEST OF“

Výsledek pro zachycení do pole nejlepších řetězců musí splňovat následující kriteria:

- být lepší než dosud nejhorší v „Best Of“ zachycený výsledek nebo pokud není buffer nejlepších výsledků zaplněn
- musí se jednat o nové ještě nezachycené řešení

Nejprve se výsledný čas nového náhodného řetězce porovná s fitness nejhoršího (desátého) řetězce z pole „Best Of“. Pokud je čas lepší, porovnává se tedy cyklicky s dalším (a dalším) o jednu lepším výsledkem.

Pokud se dosažené časy rovnají, zjišťuje se, zda tento řetězec již nebyl zachycen. Oba řetězce, nový a již zapsaný v poli „Best Of“, jsou porovnávány člen po členu pokud se v některé pozici liší, jsou různé a je znovu možné porovnávat dosažený čas s dalším řetězcem, který se umístil o pozici výše.

Pokud má následující výše postavený řetězec lepší dosažený čas nebo byla s novým výsledkem dosažena první pozice, jsou „horší a rovné“ řetězce odsunuty o jednu pozici níže a aktuální nově získaný řetězec je vložen na tuto uvolněnou pozici.

Výsledek, který byl původně na posledním (desátém) místě je přepsán a „zapomenut“.

The screenshot shows the GA software interface with the following data:

| Operace v jedné generaci | | |
|--------------------------|-----------------------------|---------|
| Generace N = 2 | | |
| Reprodukce | 1,24,21,4,35,20,3,38,14,1E | 1743,31 |
| Penaliz koef | 16,10,18,21,6,1,24,4,20,5,7 | 1775,51 |
| | 16,10,18,4,6,1,24,21,20,3E | 1794,99 |
| | 6,17,16,15,14,12,10,4,22,2 | 1794,99 |
| Sumy prsti | 0,7222281E | |
| | 0,8244462Z | |
| | 0,91222311 | |
| | 1 | |

| Nelepší výsledky: | | |
|----------------------------|--|--|
| 1736,76,6,17,16,15,14,12,7 | | |
| 1757,72,6,1,32,34,28,10,2 | | |
| 1772,78,10,20,18,37,27,9,9 | | |
| 1773,08,30,6,2,20,27,37,1 | | |
| 1775,51,6,20,28,37,10,9,5 | | |

The interface also shows a circular diagram with 10 numbered positions (1-10) and a red circle in the center. A callout box on the right says "Nejlepší z dosud nalezených řešení" (Best of the solutions found so far).

Obr. 29: Prostředí výpočtu – „Best of“

E. DODATEK

Tento výpočtový algoritmus je uveden ve dvou verzích. První verze zaručuje u generátoru náhodných čísel, který v tomto programu generuje nultou vstupní generaci, že bude mít vlastnosti jako opakovatelnost a přesnost. Tzn. že má schopnost generovat přesně týž proud rovnoměrných náhodných veličin za týž vstupních podmínek. Tato vlastnost byla využita pro ladění vlastního počítačového programu genetického algoritmu. Druhá verze tohoto programu již tuto vlastnost generátoru náhodných čísel nemá.

6.5 KONTROLNÍ METODA

POPIS PRÁCE S PROGRAMEM

Pro posouzení správnosti výpočtu pomocí genetického algoritmu byla použita metoda založená na principu metody Monte Carlo.

Při kontrolní metodě dochází k náhodnému výběru z množiny možných řešení, tzn. vygeneruje se možný sled výrobních dávek. Vypočítá se jeho fitness a případně se uloží mezi nejlepší nalezená řešení.

- Načtení tabulky vstupních dat časových náročností jednotlivých operací na daných pracovních místech výrobní linky.
- Generování náhodného seřazení výrobních dávek.
- Výpočet času zpracování ve výrobní lince pro takto seřazené výrobní dávky.
- Pokud dosažený čas při tomto seřazení spadá mezi 10 nejlepších zachycených výsledků, zapsání jej do „Best of“.
- Generování, výpočet a ukládání nejlepších výsledků N-krát opakovaně.

A. NAČÍST TABULKU VSTUPNÍCH DAT ČASOVÝCH NÁROČNOSTÍ



Obr. 30: Prostředí výpočtu – načítání dat

Výpočet je deklarován pro maximální počet pracovních míst 100 (1..100) a maximální počet výrobních dávek 100 (1..100). Časy s nulovými indexy, $Cas[0][x]$ a $Cas[x][0]$ jsou ve výpočtu rovněž využívány. Obsahují nulové časy – zajištěno při inicializaci. Pak při výpočtu Fitness např. 1. výrobní dávky je průběžný čas předchozí fiktivní „nulté“ dávky právě tato nula viz. 6.3.2 Výpočet fitness str. 67.

B. GENEROVÁNÍ NÁHODNÉHO SLEDU VÝROBNÍCH DÁVEK

Generování náhodného sledu výrobních dávek je založeno na náhodné permutaci prvků 1, 2, 3, 4, ..., J_{max} (počet výrobních dávek).

Efektivní způsob získání náhodné permutace je:

vzít seřazenou posloupnost 1, 2, 3, 4, ..., J_{max}

v ní několikrát mezi sebou prohodit náhodně vylosované pozice

použito J_{max} prohození dvojic – dostatečné pro všechny délky řetězců.

C. VÝPOČET ČASU ZPRACOVÁNÍ VE VÝROBNÍ LINCE PRO TAKTO SEŘAZENÉ VÝROBNÍ DÁVKY

Výpočet fitness (výrobního času zpracování výrobní dávky) je podrobně uveden v kapitole 6.3.2 Výpočet fitness strana 67.

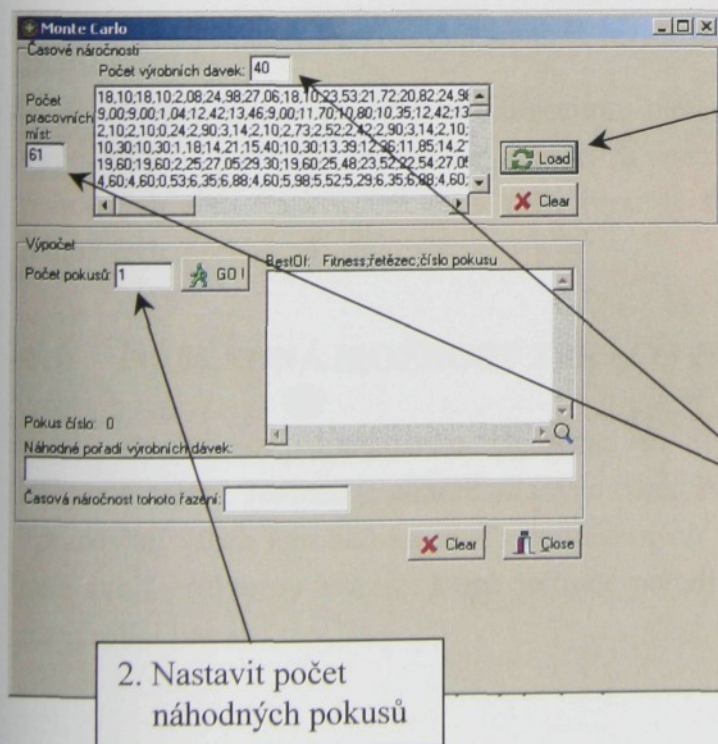
D. ZACHYCENÍ NEJLEPŠÍCH VÝSLEDKŮ DO „BEST OF“

Viz kapitola ZACHYCENÍ NEJLEPŠÍCH VÝSLEDKŮ DO „BEST OF“ strana 84.

6.5.1 PROGRAM MONTEC

PRÁCE S PROGRAMEM

1. Zadat tabulku časových náročností
2. Nastavit počet náhodných pokusů N



1. Zadání vstupních dat:

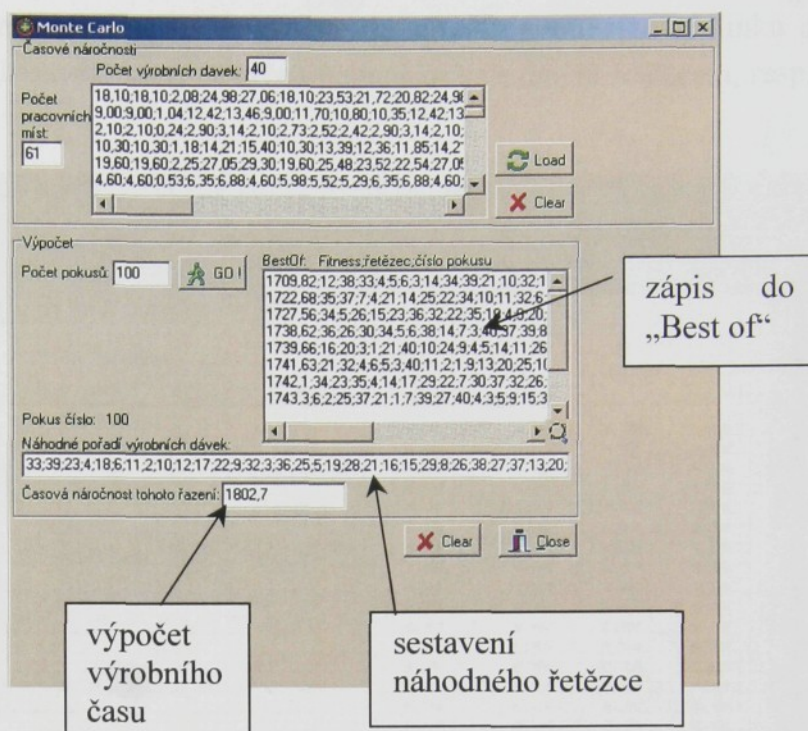
Tlačítko „Load“

- časové náročnosti lze načíst (nebo ručně zapsat) ve formě *.csv tabulky, kde jsou jednotlivé prvky odděleny středníky. Tabulku *.csv lze standardně připravit např. v Excelu. Data lze i ručně zapsat nebo vložit pomocí schránky Windows
- při ručním zápisu je nutné doplnit počty výrobních dávek a pracovních míst
- při načítání z *.csv souboru toto proběhne automaticky

Obr. 31: Prostředí výpočtu

3. Po stisku tlačítka „GO!“ proběhne N-krát:

- sestavení náhodného řetězce, který charakterizuje seřazení výrobních dávek
- výpočet času výrobního procesu pro tento řetězec
- pokud je výsledný čas lepší nebo stejně dobrý jako předchozích 10 nejlepších řešení a toto řešení dosud nebylo zachyceno, uloží se do bufferu výsledků „Best Of“



Obr. 32: Prostředí výpočtu

4. Body 2. a 3. lze libovolně-krát opakovat.

Kdykoli lze malým tlačítkem s lupou v rohu „Best Of“ vyvolat výsledky (resp. mezivýsledky) do velkého náhledového okna a eventuálně je opět ve formátu *.CSV

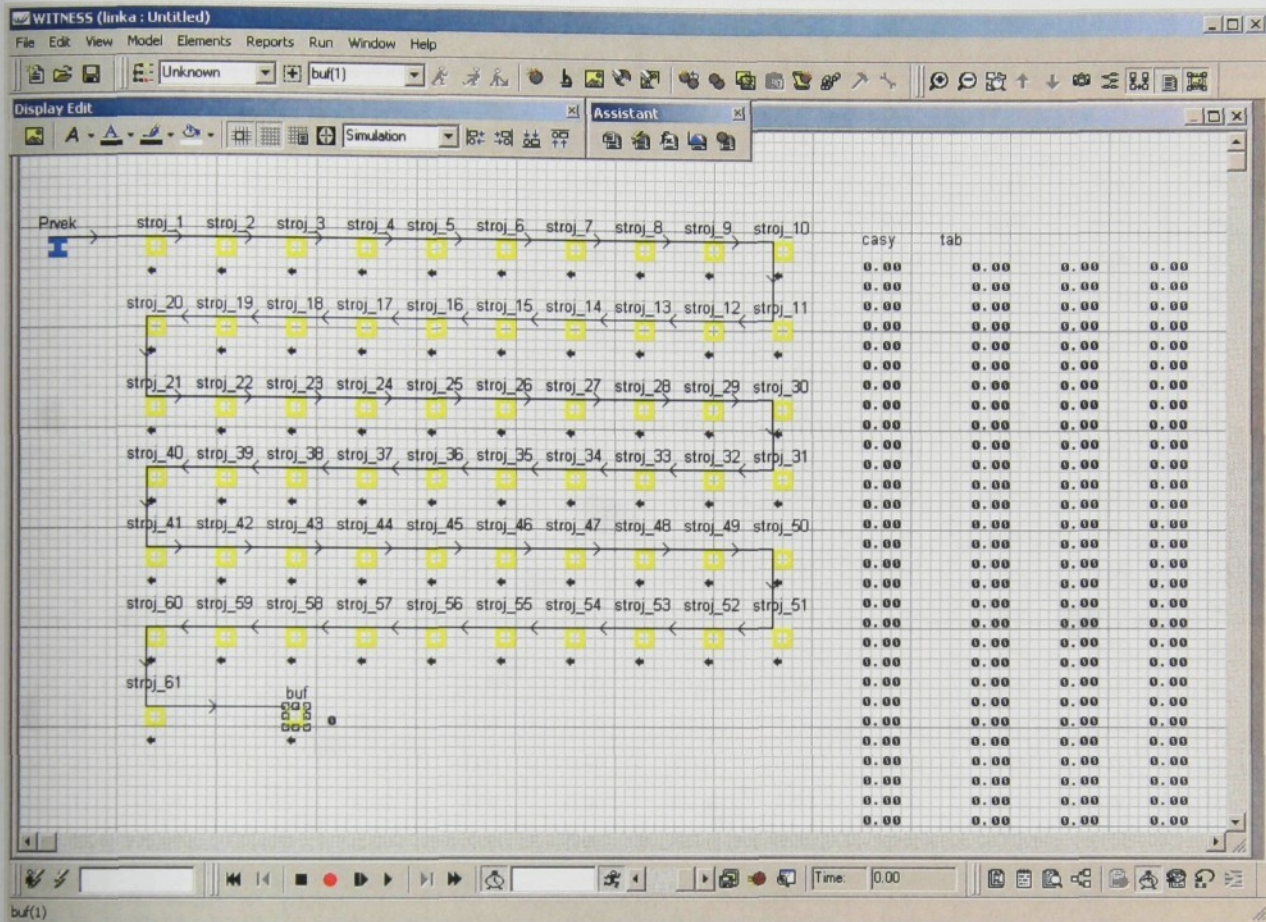
DODATEK

Stejně jako u výpočtového algoritmu metodou genetického algoritmu, tak také tento výpočtový algoritmus je uveden ve dvou verzích. První verze zaručuje u generátoru náhodných čísel opakovatelnost. Druhá verze tohoto programu již tuto vlastnost generátoru náhodných čísel nemá.

6.6 NÁSLEDNÁ MOŽNOST ZPRACOVÁNÍ ZÍSKANÝCH DAT

Výsledkem výpočtového algoritmu je nejlepší jedinec, který prezentuje nejlepší nalezené řešení. Jedinec je charakterizován nejen svojí fitness, která se rovná celkovému času zpracování všech výrobků ve všech definovaných výrobních dávkách, ale je charakterizován také svojí strukturou řetězce, která definuje pořadí zpracování jednotlivých výrobních dávek na výrobní lince.

Dalším možným krokem zpracování informací získaných z tohoto experimentu je využití software Witness pro simulaci výroby. Je možné definovat danou výrobní linku a stanovit sled zpracování výrobních dávek, který je určen nejlepším nalezeným řetězcem, resp. jedincem.



Obr. 33: Základní verze výrobní linky ve Witness před startem simulace výroby

Stroj pracovní místo

Prvek výrobní dávka

Buf zásobník hotových výrobků

Je provedena simulace na základě těchto informací a poté je možné sledovat průběh chování jednotlivých pracovních míst během průběhu simulace, např. vytíženost pracovních míst.

Tab. 13: Tabulka pracovní vytíženosti jednotlivých prac. míst

| Name | % Idle | % Busy | % Filling | % Emptying | % Blocked | % Cycle Wait Resource | % Setup | % Setup Wait Resource | % Broken Down | % Repair Wait Resource | No. Of Operations |
|---------|--------|--------|-----------|------------|-----------|-----------------------|---------|-----------------------|---------------|------------------------|-------------------|
| stroj_1 | 54.69 | 45.31 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_2 | 77.47 | 22.53 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_3 | 94.74 | 5.26 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_4 | 74.21 | 25.79 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_5 | 50.93 | 49.07 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |

| | | | | | | | | | | | |
|----------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|
| stroj_6 | 88.48 | 11.52 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_7 | 94.99 | 5.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_8 | 75.00 | 25.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_9 | 63.33 | 36.67 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_10 | 95.05 | 4.95 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_11 | 93.74 | 6.26 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_12 | 73.96 | 26.4 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_13 | 62.70 | 37.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_14 | 83.73 | 16.27 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_15 | 85.08 | 14.92 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_16 | 89.85 | 10.15 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_17 | 92.29 | 7.71 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_18 | 74.97 | 25.3 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_19 | 56.01 | 43.99 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_20 | 91.05 | 8.95 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_21 | 97.56 | 2.44 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_22 | 65.50 | 34.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_23 | 57.37 | 42.63 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_24 | 90.66 | 9.34 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_25 | 57.57 | 42.43 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_26 | 76.22 | 23.78 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_27 | 88.35 | 11.65 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_28 | 90.49 | 9.51 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_29 | 60.95 | 39.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_30 | 67.96 | 32.04 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_31 | 61.95 | 38.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_32 | 72.21 | 27.79 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_33 | 89.24 | 10.76 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_34 | 80.22 | 19.78 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_35 | 62.95 | 37.05 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_36 | 69.71 | 30.29 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_37 | 69.21 | 30.79 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_38 | 63.70 | 36.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_39 | 86.73 | 13.27 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_40 | 90.21 | 9.79 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_41 | 90.24 | 9.76 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_42 | 68.46 | 31.54 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_43 | 89.24 | 10.76 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_44 | 76.22 | 23.78 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_45 | 90.99 | 9.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_46 | 53.81 | 46.19 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_47 | 75.93 | 24.7 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_48 | 55.44 | 44.56 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_49 | 84.48 | 15.52 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_50 | 67.45 | 32.55 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_51 | 67.45 | 32.55 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_52 | 72.46 | 27.54 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_53 | 61.70 | 38.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_54 | 61.70 | 38.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |

| | | | | | | | | | | | |
|----------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|
| stroj_55 | 89.49 | 10.51 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_56 | 77.22 | 22.78 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_57 | 71.96 | 28.04 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_58 | 71.96 | 28.04 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_59 | 73.96 | 26.04 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_60 | 73.96 | 26.04 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |
| stroj_61 | 59.44 | 40.56 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 40 |

Name.....název pracovního místa

% Idle.....nečinnost vyjádřená v procentech celkového času výroby

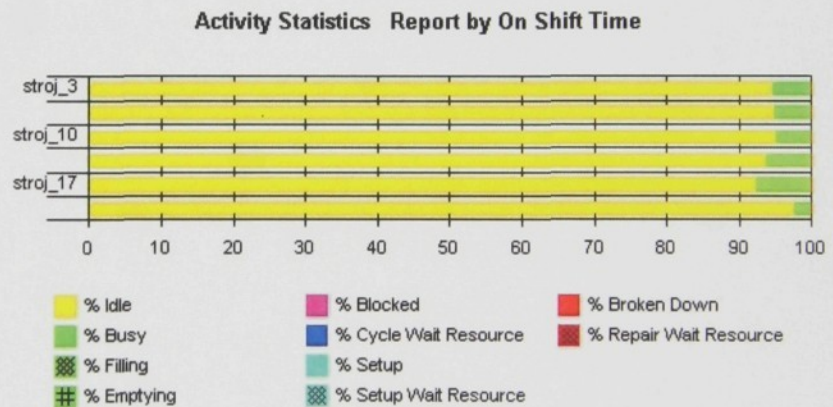
% Busy.....aktivní činnost vyjádřená v procentech celkového času výroby

No. Of operation.....počet operací po kterých byla provedena pracovní časová statistika

Tento software pro simulaci výroby také umožňuje definovat charakteristiky jednotlivých pracovních míst (v tomto případě se nazývají stroj). Tato charakteristika spočívá v definici chování výrobních strojů vyskytujících se na pracovním místě (pravděpodobnost přerušení práce vlivem poruchy, hygienické přestávky pracovníka, velikosti zásobníku, atd.).

Tab. 14: Tabulka vybraných pracovních míst s nejvyšší vytížeností

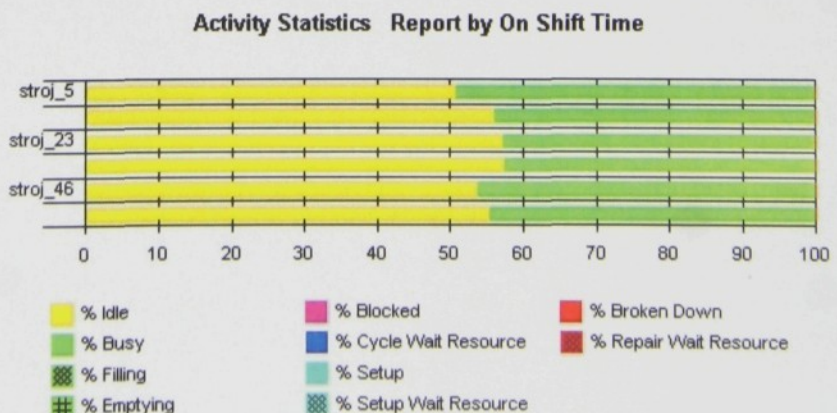
| Name | % Idle | % Busy |
|----------|--------|--------|
| stroj_3 | 94.74 | 5.26 |
| stroj_7 | 94.99 | 5.01 |
| stroj_10 | 95.05 | 4.95 |
| stroj_11 | 93.74 | 6.26 |
| stroj_17 | 92.29 | 7.71 |
| stroj_21 | 97.56 | 2.44 |



Obr. 34: Zobrazení vybraných 10-ti pracovních míst s nejvyšší vytížeností

Tab. 15: Tabulka vybraných pracovních míst s nejnižší vytížeností

| Name | % Idle | % Busy |
|----------|--------|--------|
| stroj_5 | 50.93 | 49.07 |
| stroj_19 | 56.01 | 43.99 |
| stroj_23 | 57.37 | 42.63 |
| stroj_25 | 57.57 | 42.43 |
| stroj_46 | 53.81 | 46.19 |
| stroj_48 | 55.44 | 44.56 |



Obr. 35: Zobrazení vybraných 10-ti pracovních míst s nejnižší vytížeností

Pozn.: Uvedený příklad simulace výroby je aplikován na základní sled výrobních dávek, tzn. 1, 2, 3...40.

Pro dokonalejší přehled vytíženosti všech subjektů podílejících se na výrobě je třeba také provést simulaci práce jednotlivých pracovníků. Je to dáno tím, že každé jednotlivé pracovní místo nemá přiřazeno jednu pracovní sílu, ale jeden pracovník obsluhuje více pracovních míst na základě časového rozboru výroby daného výrobním postupem.

7 VÝSLEDKY EXPERIMENTÁLNÍCH VÝPOČTŮ

Pro vyhodnocení možnosti optimalizace výrobního času na pracovní lince pro výrobu pánských kalhot byly použity časové náročnosti výroby vybraných zástupců pánských kalhot uvedené v příloze B. Pro simulaci reálného stavu bylo definováno určité množství jednotlivých zástupců, tzn. velikost výrobní dávky. Tato množství byla definována po konzultaci s pracovníky z praxe.

7.1 TRASOVÁNÍ – POSTUP ZÍSKÁVÁNÍ PRVNÍ GENERACE

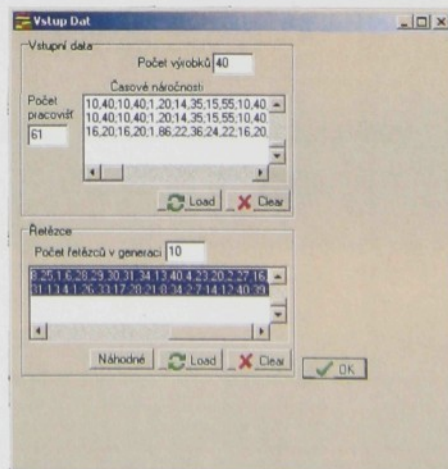
Trasování – ruční průchod výpočtovou aplikací + kontrola správnosti výpočtu prováděného touto aplikací.

7.1.1 NULTÁ POČÁTEČNÍ GENERACE - VSTUPNÍ GENERACE:

Tato generace je náhodná generace získaná vygenerováním definovaného počtu řetězců na základě vložených vstupních dat.

Tab. 16: Počáteční generace

| Řetězec č. | Sled výrobních dávek definovaný v řetězci |
|------------|---|
| 1 | 22;30;3;20;9;6;1;18;33;10;21;27;37;39;31;16;19;32;14;40;26;8;23;38;24;36;2;25;17;28;13;7;4;35;34;5;15;12;29;11; |
| 2 | 25;2;3;11;33;1;36;38;34;12;39;23;24;19;5;27;13;18;4;14;17;22;40;21;15;26;35;8;29;30;31;32;37;10;20;6;7;16;28;9; |
| 3 | 1;2;10;9;20;40;7;4;32;15;39;13;36;14;29;6;18;11;26;33;21;19;34;24;25;22;38;16;5;8;31;23;30;17;28;12;37;3;35;27; |
| 4 | 5;2;22;16;34;19;39;18;6;1;29;7;11;14;15;26;4;33;9;20;17;23;30;21;28;10;27;31;12;35;8;32;24;40;38;36;37;13;3;25; |
| 5 | 31;11;27;23;30;14;29;2;13;10;20;9;5;3;35;36;6;18;19;38;25;34;4;24;16;1;33;28;15;8;32;40;37;7;26;17;12;21;39;22; |
| 6 | 1;9;12;18;15;38;14;26;11;27;2;19;35;3;39;23;25;33;22;20;40;30;32;13;4;8;36;16;7;29;31;6;37;21;24;10;17;28;5;34; |
| 7 | 5;39;3;11;17;6;24;26;19;28;21;30;40;38;8;16;33;37;9;7;31;27;23;10;13;29;20;32;2;15;25;4;14;34;12;1;35;18;36;22; |
| 8 | 11;4;35;14;40;6;28;8;12;33;37;15;7;3;26;10;9;38;25;39;27;13;34;31;1;29;18;20;23;30;24;32;2;16;22;36;5;21;19;17; |
| 9 | 8;14;39;35;32;12;5;38;36;24;21;10;3;37;15;26;19;22;9;11;33;7;17;18;25;1;6;28;29;30;31;34;13;40;4;23;20;2;27;16; |
| 10 | 38;30;24;25;6;35;5;20;27;19;23;9;32;3;15;37;10;18;11;29;16;22;36;31;13;4;1;26;33;17;28;21;8;34;2;7;14;12;40;39; |



Obr. 36: Prostředí výpočtu

7.1.2 REPRODUKCE

Vypočítá se kvalita jednotlivých řetězců generace – fitness jednotlivých řetězců.

Tab. 17: *Fitness počáteční generace*

| Řetězec č. | Kvalita řetězců – fitness |
|------------|------------------------------|
| 1 | 1789,61 |
| 2 | 1761,75 |
| 3 | 1757,44 |
| 4 | 1779,01 |
| 5 | 1754,15 |
| 6 | 1761,17 |
| 7 | 1752,10 |
| 8 | 1768,09 |
| 9 | 1770,47 |
| 10 | 1771,38 |
| průměr | 1766,52 |

Hodnota fitness znamená celkovou dobu hotovení všech výrobních dávek na všech pracovních místech. V tomto případě je průměrný čas zpracování v generaci 29h 26min 31,2s.

Dle Fitness se vytvoří **sumy pravděpodobnosti vylosování** jednotlivých řetězců ve **vážené ruletě**.

Tab. 18: *Sumy pravděpodobnosti vylosování*

| Řetězec č. | Sumy prsti vylosování |
|------------|--------------------------|
| 1 | 0,079486291178652 |
| 2 | 0,183720857928375 |
| 3 | 0,291784034430838 |
| 4 | 0,380686395999058 |
| 5 | 0,491672107556396 |
| 6 | 0,596421893251964 |
| 7 | 0,709228637290303 |
| 8 | 0,807831327976833 |
| 9 | 0,904319844368346 |
| 10 | 1 |



Obr. 37: *Prostředí výpočtu*

Na základě pravděpodobnosti vylosování pomocí vážené rulety jsou vylosovány nejsilnější řetězce do pole **Reprodukované**

Tab. 19: Generace po reprodukci pomocí výběru na vážené ruletě

| Řetězec č. | Sled výrobních dávek definovaný v řetězci |
|------------|---|
| 1 | 5;39;3;11;17;6;24;26;19;28;21;30;40;38;8;16;33;37;9;7;31;27;23;10;13;29;20;32;2;15;25;4;14;34;12;1;35;18;36;22; |
| 2 | 11;4;35;14;40;6;28;8;12;33;37;15;7;3;26;10;9;38;25;39;27;13;34;31;1;29;18;20;23;30;24;32;2;16;22;36;5;21;19;17; |
| 3 | 1;2;10;9;20;40;7;4;32;15;39;13;36;14;29;6;18;11;26;33;21;19;34;24;25;22;38;16;5;8;31;23;30;17;28;12;37;3;35;27; |
| 4 | 1;9;12;18;15;38;14;26;11;27;2;19;35;3;39;23;25;33;22;20;40;30;32;13;4;8;36;16;7;29;31;6;37;21;24;10;17;28;5;34; |
| 5 | 11;4;35;14;40;6;28;8;12;33;37;15;7;3;26;10;9;38;25;39;27;13;34;31;1;29;18;20;23;30;24;32;2;16;22;36;5;21;19;17; |
| 6 | 31;11;27;23;30;14;29;2;13;10;20;9;5;3;35;36;6;18;19;38;25;34;4;24;16;1;33;28;15;8;32;40;37;7;26;17;12;21;39;22; |
| 7 | 5;39;3;11;17;6;24;26;19;28;21;30;40;38;8;16;33;37;9;7;31;27;23;10;13;29;20;32;2;15;25;4;14;34;12;1;35;18;36;22; |
| 8 | 25;2;3;11;33;1;36;38;34;12;39;23;24;19;5;27;13;18;4;14;17;22;40;21;15;26;35;8;29;30;31;32;37;10;20;6;7;16;28;9; |
| 9 | 25;2;3;11;33;1;36;38;34;12;39;23;24;19;5;27;13;18;4;14;17;22;40;21;15;26;35;8;29;30;31;32;37;10;20;6;7;16;28;9; |
| 10 | 11;4;35;14;40;6;28;8;12;33;37;15;7;3;26;10;9;38;25;39;27;13;34;31;1;29;18;20;23;30;24;32;2;16;22;36;5;21;19;17; |

7.1.3 KŘÍŽENÍ

Binární řetězce – pomocné - obsahuje náhodně vygenerovaný binární řetězec pro křížení dvou celočíselných řetězců, „postrádané“ hodnoty v řetězci, pravděpodobnost křížení nebo použití rodičovských řetězců.

Binární řetězce, podle kterých je prováděno křížení vlastních řetězců aktuální generace, jsou generovány náhodně. Pravděpodobnost křížení je možno nadefinovat v příslušném poli dialogového okna. V tomto případě byla pravděpodobnost křížení 0,6.

Poté je kříženo 1. řetězec s 2., 3. řetězec se 4., atd., pokud je křížení definováno pravděpodobností křížení (**Křížené**).

Tab. 20: Definice pravděpodobnosti křížení a binární řetězce pro křížení

| Dvojice řetězců | Binární řetězec |
|-----------------|--|
| 1. a 2. | 0;0;0;0;1;1;0;0;0;0;0;0;0;0;1;0;1;1;1;0;0;1;0;1;0;0;1;0;0;1;0;0;1;0;1;1;0;1;1;1;0; |
| 3. a 4. | 1;0;0;1;1;1;0;0;0;0;1;1;0;0;1;1;1;0;0;0;1;0;1;1;0;0;0;1;1;1;1;0;0;0;0;1;1;1;0; |
| 5. a 6. | 1;1;1;1;1;1;1;0;0;0;0;0;0;0;1;0;1;0;0;0;1;1;1;0;0;1;1;0;1;1;0;0;0;0;1;0;0;0; |
| 7. a 8. | nekříženo |
| 9. a 10. | nekříženo |

Křížené: (výstup)**Tab. 21:** *Generace po křížení*

| Řetězec č. | Sled výrobních dávek definovaný v řetězci |
|------------|---|
| 1 | 11;4;40;28;17;6;8;12;15;7;3;26;10;38;9;16;33;37;39;27;31;13;23;20;30;29;24;32;2;22;25;5;14;34;21;1;35;18;36;19; |
| 2 | 11;4;35;14;5;3;28;8;12;33;37;15;7;6;26;24;19;21;25;39;40;13;38;31;1;16;18;20;9;30;27;32;23;10;22;29;2;34;36;17; |
| 3 | 1;15;38;9;20;40;14;26;11;27;39;13;2;19;29;6;18;23;25;33;21;22;34;24;30;32;4;16;5;8;31;36;7;10;17;12;37;3;35;28; |
| 4 | 1;9;12;2;10;40;14;26;11;27;7;32;35;3;15;39;13;33;22;20;29;30;18;19;4;8;36;25;38;16;5;6;37;21;24;31;23;17;28;34; |
| 5 | 11;4;35;14;40;6;28;8;27;23;29;2;9;3;36;10;19;38;25;16;1;13;34;31;33;15;18;20;32;30;24;37;7;26;17;12;5;21;39;22; |
| 6 | 11;4;14;28;8;12;33;27;13;10;20;9;5;3;35;34;6;31;19;38;25;29;18;23;16;1;30;24;15;32;2;40;37;7;26;17;36;21;39;22; |
| 7 | 5;39;3;11;17;6;24;26;19;28;21;30;40;38;8;16;33;37;9;7;31;27;23;10;13;29;20;32;2;15;25;4;14;34;12;1;35;18;36;22; |
| 8 | 25;2;3;11;33;1;36;38;34;12;39;23;24;19;5;27;13;18;4;14;17;22;40;21;15;26;35;8;29;30;31;32;37;10;20;6;7;16;28;9; |
| 9 | 25;2;3;11;33;1;36;38;34;12;39;23;24;19;5;27;13;18;4;14;17;22;40;21;15;26;35;8;29;30;31;32;37;10;20;6;7;16;28;9; |
| 10 | 11;4;35;14;40;6;28;8;12;33;37;15;7;3;26;10;9;38;25;39;27;13;34;31;1;29;18;20;23;30;24;32;2;16;22;36;5;21;19;17; |

7.1.4 MUTACE**Vygenerované místo mutace**

1. řádek 6-10;

Vygenerované dvojčíslí znamená, že dojde k výměně číslíc mezi 6. a 10. pozicí v prvním řetězci – v prvním řetězci.

Mutované**Tab. 22:** *Generace po posledním kroku algoritmu - mutaci*

| Řetězec č. | Sled výrobních dávek definovaný v řetězci |
|------------|---|
| 1 | 11;4;40;28;17;7;8;12;15;6;3;26;10;38;9;16;33;37;39;27;31;13;23;20;30;29;24;32;2;22;25;5;14;34;21;1;35;18;36;19; |
| 2 | 11;4;35;14;5;3;28;8;12;33;37;15;7;6;26;24;19;21;25;39;40;13;38;31;1;16;18;20;9;30;27;32;23;10;22;29;2;34;36;17; |
| 3 | 1;15;38;9;20;40;14;26;11;27;39;13;2;19;29;6;18;23;25;33;21;22;34;24;30;32;4;16;5;8;31;36;7;10;17;12;37;3;35;28; |
| 4 | 1;9;12;2;10;40;14;26;11;27;7;32;35;3;15;39;13;33;22;20;29;30;18;19;4;8;36;25;38;16;5;6;37;21;24;31;23;17;28;34; |
| 5 | 11;4;35;14;40;6;28;8;27;23;29;2;9;3;36;10;19;38;25;16;1;13;34;31;33;15;18;20;32;30;24;37;7;26;17;12;5;21;39;22; |
| 6 | 11;4;14;28;8;12;33;27;13;10;20;9;5;3;35;34;6;31;19;38;25;29;18;23;16;1;30;24;15;32;2;40;37;7;26;17;36;21;39;22; |
| 7 | 5;39;3;11;17;6;24;26;19;28;21;30;40;38;8;16;33;37;9;7;31;27;23;10;13;29;20;32;2;15;25;4;14;34;12;1;35;18;36;22; |
| 8 | 25;2;3;11;33;1;36;38;34;12;39;23;24;19;5;27;13;18;4;14;17;22;40;21;15;26;35;8;29;30;31;32;37;10;20;6;7;16;28;9; |
| 9 | 25;2;3;11;33;1;36;38;34;12;39;23;24;19;5;27;13;18;4;14;17;22;40;21;15;26;35;8;29;30;31;32;37;10;20;6;7;16;28;9; |
| 10 | 11;4;35;14;40;6;28;8;12;33;37;15;7;3;26;10;9;38;25;39;27;13;34;31;1;29;18;20;23;30;24;32;2;16;22;36;5;21;19;17; |

10. GENERACE

N=10

Tab. 27: 10. generace

| Řetězec č. | Sled výrobních dávek definovaný v řetězci |
|------------|--|
| 1 | 25;1;24;33;10;20;9;2;19;26;12;40;27;6;29;13;38;34;22;14;15;31;4;39;23;8;30;7;3;16;11;36;17;18;32;5;21;37;35;28 |
| 2 | 37;33;1;2;17;12;9;26;34;40;20;13;27;19;29;6;38;22;31;14;15;32;16;39;7;23;30;18;5;8;24;4;11;3;25;10;21;36;35;28 |
| 3 | 37;33;1;2;10;12;9;20;26;40;27;13;38;19;29;6;34;22;31;14;15;23;7;39;16;11;30;18;5;8;24;4;17;3;25;36;32;21;35;28 |
| 4 | 37;33;24;1;10;11;9;2;19;26;4;40;27;34;20;13;38;29;6;14;22;31;12;15;23;8;32;35;39;17;30;18;7;3;25;5;21;36;16;28 |
| 5 | 25;1;8;33;20;9;10;2;19;40;26;13;27;34;4;29;38;22;31;14;15;23;12;39;24;30;7;18;3;36;6;16;11;17;32;5;21;37;35;28 |
| 6 | 25;1;10;33;20;26;9;2;19;40;4;27;34;14;29;13;38;15;22;12;39;31;24;23;7;8;30;6;3;16;11;36;17;18;32;5;21;37;35;28 |
| 7 | 37;33;1;2;11;12;9;26;20;40;14;19;27;13;29;22;6;18;31;34;38;32;15;39;7;16;23;30;5;8;24;4;17;3;25;10;36;21;35;28 |
| 8 | 37;33;1;2;11;12;9;26;20;34;19;27;13;22;40;6;18;29;30;38;31;14;16;15;7;32;39;23;5;8;24;4;17;3;25;10;35;36;21;28 |
| 9 | 37;33;1;2;11;12;15;26;20;40;14;27;13;19;29;6;18;22;31;34;32;5;16;39;7;23;30;38;8;24;4;3;17;21;25;10;36;9;35;28 |
| 10 | 37;33;1;2;11;12;15;26;20;9;19;27;13;34;40;6;18;38;22;30;31;32;14;16;39;23;7;17;29;8;24;4;5;21;25;10;3;36;35;28 |

Fitness

Tab. 28: Fitness 10. generace

| Řetězec č. | Kvalita řetězců – fitness | Řetězec č. | Kvalita řetězců – fitness |
|------------|------------------------------|---------------|------------------------------|
| 1 | 1763,49 | 6 | 1765,29 |
| 2 | 1749,85 | 7 | 1751,65 |
| 3 | 1743,72 | 8 | 1743,00 |
| 4 | 1760,76 | 9 | 1766,46 |
| 5 | 1756,49 | 10 | 1755,23 |
| | | průměr (1-10) | 1755,59 |

Best of

Tab. 29: Nejlepší nalezené výsledky po 10. cyklu aplikace GA

| Řetězec č. | Kvalita řetězce - fitness | Sled výrobních dávek definovaný v řetězci |
|------------|------------------------------|--|
| 1 | 1711,79 | 25;2;14;33;8;27;11;5;15;10;20;26;34;1;40;19;29;38;23;22;31;39;24;16;18;30;13;3;6;7;4;9;36;17;12;32;35;21;37;28 |
| 2 | 1720,76 | 25;2;9;11;33;1;4;14;34;20;39;28;27;19;5;8;13;35;6;12;15;22;40;3;38;31;16;26;29;18;23;17;37;10;30;24;32;7;36;21 |
| 3 | 1724,30 | 2;11;1;33;25;8;38;5;20;15;12;14;10;19;27;26;23;22;24;40;18;39;34;13;30;4;9;31;36;32;17;3;6;21;29;7;16;28;35;37 |
| 4 | 1730,62 | 1;15;14;8;6;40;12;26;11;20;9;3;34;38;29;39;27;25;13;33;21;22;18;24;30;23;4;32;5;16;31;36;7;10;17;2;37;19;35;28 |
| 5 | 1733,01 | 37;33;1;2;11;12;36;6;34;40;20;13;27;19;29;26;38;22;31;14;15;32;16;39;7;23;30;18;5;8;24;4;17;3;25;10;9;21;35;28 |
| 6 | 1733,52 | 37;33;1;2;11;12;9;26;34;40;20;13;27;19;29;6;38;22;31;14;15;32;16;39;7;23;30;18;5;8;24;4;17;3;25;10;36;21;35;28 |
| 7 | 1733,52 | 37;33;1;2;11;12;9;26;34;40;20;13;27;19;29;6;38;22;31;14;15;32;16;39;7;23;30;18;5;8;24;4;17;3;25;10;21;36;35;28 |
| 8 | 1733,52 | 25;33;1;2;11;12;9;26;34;40;20;13;27;19;29;6;38;22;31;14;15;32;16;39;7;23;30;18;5;8;24;4;17;3;37;10;21;36;35;28 |
| 9 | 1734,62 | 2;11;1;33;8;27;15;5;36;10;26;20;34;12;14;19;29;38;23;37;31;4;22;16;25;30;13;40;6;7;18;39;24;17;21;32;3;35;9;28 |
| 10 | 1736,73 | 25;8;24;33;10;20;9;40;19;1;4;13;27;34;29;6;38;22;31;14;15;23;18;39;7;2;30;26;3;16;11;36;17;12;32;5;21;37;35;28 |

100. GENERACE

N=100

Tab. 30: 100. generace

| Řetězec č. | Sled výrobních dávek definovaný v řetězci |
|------------|--|
| 1 | 19;33;11;14;37;20;18;40;21;23;39;26;17;6;38;4;1;34;5;32;16;25;24;10;2;31;36;30;29;13;22;35;9;27;12;3;7;15;8;28 |
| 2 | 19;33;11;21;14;37;18;20;23;39;40;26;17;6;38;4;1;5;32;16;24;25;31;10;34;30;2;29;36;13;22;9;35;27;3;7;12;15;8;28 |
| 3 | 19;21;37;11;18;20;14;39;6;23;40;1;38;26;4;17;5;25;32;34;33;24;31;10;2;16;30;27;36;29;35;28;13;9;12;3;7;15;8;22 |
| 4 | 19;33;12;25;37;11;18;14;40;20;21;39;23;38;26;6;1;17;4;16;5;32;24;13;34;10;2;36;31;3;29;27;22;9;30;35;7;15;8;28 |
| 5 | 19;12;10;11;21;33;18;14;39;4;20;23;38;40;26;6;1;17;5;16;32;25;24;37;34;31;2;30;29;36;13;22;35;9;27;3;7;15;8;28 |
| 6 | 19;33;11;14;37;20;18;40;21;23;39;26;17;6;38;4;1;34;5;32;16;7;24;10;2;31;36;30;29;13;22;35;9;27;12;3;25;15;8;28 |
| 7 | 19;33;11;21;14;37;18;20;23;39;40;26;17;6;38;4;1;34;32;5;16;25;31;10;24;30;15;29;36;13;22;9;35;27;3;7;12;2;8;28 |
| 8 | 19;33;11;21;14;37;18;20;23;39;40;26;17;6;38;4;1;32;5;16;24;25;31;10;34;30;2;29;36;13;22;9;35;27;3;7;12;15;8;28 |
| 9 | 19;33;11;37;14;20;21;26;4;23;40;39;17;6;38;30;1;5;16;25;24;18;2;10;34;32;36;29;31;13;22;27;35;9;12;3;7;15;8;28 |
| 10 | 19;33;11;37;14;20;21;18;39;26;23;40;17;6;38;1;4;5;32;16;25;24;31;36;10;34;2;30;29;13;22;35;27;9;12;3;7;15;8;28 |

Fitness

Tab. 31: Fitness 100. generace

| Řetězec č. | Kvalita řetězců – fitness | Řetězec č. | Kvalita řetězců – fitness |
|------------|------------------------------|---------------|------------------------------|
| 1 | 1716,61 | 6 | 1709,28 |
| 2 | 1708,55 | 7 | 1718,31 |
| 3 | 1715,44 | 8 | 1710,70 |
| 4 | 1718,86 | 9 | 1709,64 |
| 5 | 1715,08 | 10 | 1711,95 |
| | | průměr (1-10) | 1713,44 |

Best of

Tab. 32: Nejlepší nalezené výsledky po 100. cyklu aplikace GA

| Řetězec č. | Kvalita řetězce - fitness | Sled výrobních dávek definovaný v řetězci |
|------------|------------------------------|--|
| 1 | 1693,58 | 19;33;12;7;20;37;5;21;39;4;40;23;38;26;6;11;32;17;24;18;25;10;31;16;34;2;27;14;30;9;3;36;35;22;29;1;13;8;15;28 |
| 2 | 1693,86 | 19;12;10;14;20;37;18;21;39;4;26;23;38;40;11;6;1;17;5;34;7;36;24;33;16;31;2;30;25;9;27;22;35;32;29;8;13;3;15;28 |
| 3 | 1697,10 | 19;33;11;12;20;37;18;21;39;4;40;26;38;17;6;5;32;23;24;7;10;25;31;16;34;2;27;14;30;36;3;9;35;13;29;1;22;8;15;28 |
| 4 | 1697,72 | 19;33;12;25;20;37;5;21;39;4;40;23;38;26;6;11;32;17;24;18;7;10;31;16;34;2;27;14;8;9;3;36;35;22;29;1;13;30;15;28 |
| 5 | 1701,33 | 15;19;33;29;14;18;25;20;21;39;4;23;38;26;40;11;17;6;5;16;24;32;10;7;34;2;27;31;9;3;37;36;35;22;1;30;13;12;8;28 |
| 6 | 1701,63 | 19;33;37;14;12;18;21;20;39;4;40;23;38;26;6;11;1;17;5;16;32;7;24;25;10;34;31;2;30;3;36;9;27;35;22;15;29;8;13;28 |
| 7 | 1703,20 | 19;33;11;20;13;7;14;12;40;21;32;26;36;5;18;23;16;4;24;17;34;10;25;38;9;30;35;39;2;31;1;22;3;29;6;27;15;37;8;28 |
| 8 | 1703,47 | 19;20;33;14;12;13;7;11;21;37;1;23;40;4;26;5;17;18;6;34;24;38;16;10;30;25;9;2;39;31;35;29;22;3;36;27;32;8;15;28 |
| 9 | 1704,10 | 19;12;33;14;20;37;7;21;39;40;26;23;38;4;17;11;6;18;5;16;25;34;24;10;31;2;27;30;9;36;35;29;13;3;1;22;32;8;15;28 |
| 10 | 1704,84 | 19;33;13;12;7;14;37;36;40;20;26;4;11;5;17;23;18;16;10;8;9;24;35;2;38;34;25;39;30;31;22;1;3;29;32;27;6;21;15;28 |

1000. GENERACE

N=1.000

Tab. 33: 1000. generace

| Řetězec č. | Sled výrobních dávek definovaný v řetězci |
|------------|--|
| 1 | 26;28;18;8;32;29;39;12;33;7;40;15;38;34;10;17;37;6;24;30;23;2;21;25;14;1;35;9;13;3;16;11;36;31;22;5;19;4;20;27 |
| 2 | 28;39;23;32;18;8;15;29;12;33;34;11;40;38;10;17;24;37;6;21;3;25;14;1;35;9;19;13;16;7;2;26;36;31;5;30;22;4;20;27 |
| 3 | 39;23;33;25;32;7;8;29;35;28;15;18;12;17;40;37;21;24;6;10;13;38;14;3;9;1;34;26;11;16;19;31;2;4;36;5;30;20;22;27 |
| 4 | 28;39;33;25;8;32;29;18;7;12;17;40;15;37;10;21;3;23;35;13;24;38;14;34;6;1;26;11;16;19;9;2;36;4;20;5;30;22;27;31 |
| 5 | 28;23;39;25;8;32;33;18;29;12;40;15;17;10;3;37;30;21;24;38;7;2;13;14;35;1;34;16;9;11;31;36;26;6;5;4;22;20;19;27 |
| 6 | 28;39;13;25;8;32;33;18;29;12;10;21;38;40;3;37;17;15;23;24;7;35;14;9;1;34;16;19;11;2;27;31;4;26;36;6;5;22;20;30 |
| 7 | 13;39;33;8;32;7;18;29;12;28;15;40;38;17;10;37;21;24;6;3;23;2;14;25;35;1;34;26;11;16;19;9;36;4;22;5;30;31;20;27 |
| 8 | 28;39;23;25;8;33;29;35;37;18;12;40;15;32;10;17;6;30;21;13;24;38;14;7;3;2;9;1;16;11;31;34;36;26;20;5;4;19;27;22 |
| 9 | 28;39;23;25;8;33;29;7;40;18;12;15;32;10;37;17;21;30;24;13;14;38;6;35;3;1;9;11;16;31;2;34;36;26;20;5;4;19;27;22 |
| 10 | 28;39;23;25;8;33;29;35;7;18;12;40;15;32;10;37;17;30;21;13;24;38;14;2;6;3;9;1;16;11;31;34;36;26;20;5;4;19;27;22 |

Fitness

Tab. 34: Fitness 1000. generace

| Řetězec č. | Kvalita řetězců – fitness | Řetězec č. | Kvalita řetězců – fitness |
|------------|------------------------------|---------------|------------------------------|
| 1 | 1760,11 | 6 | 1774,53 |
| 2 | 1766,98 | 7 | 1762,51 |
| 3 | 1783,54 | 8 | 1770,96 |
| 4 | 1777,69 | 9 | 1761,77 |
| 5 | 1774,36 | 10 | 1771,38 |
| | | průměr (1-10) | 1770,38 |

Best of

Tab. 35: Nejlepší nalezené výsledky po 1000. cyklu aplikace GA

| Řetězec č. | Kvalita řetězce - fitness | Sled výrobních dávek definovaný v řetězci |
|------------|------------------------------|--|
| 1 | 1689,84 | 33;3;40;32;5;35;11;30;1;38;31;26;39;7;37;20;15;36;24;10;34;25;16;29;19;4;22;18;6;2;8;13;14;12;21;27;23;28;9;17 |
| 2 | 1693,58 | 19;33;12;7;20;37;5;21;39;4;40;23;38;26;6;11;32;17;24;18;25;10;31;16;34;2;27;14;30;9;3;36;35;22;29;1;13;8;15;28 |
| 3 | 1693,86 | 19;12;10;14;20;37;18;21;39;4;26;23;38;40;11;6;1;17;5;34;7;36;24;33;16;31;2;30;25;9;27;22;35;32;29;8;13;3;15;28 |
| 4 | 1696,39 | 24;23;25;8;9;13;21;34;33;19;17;6;10;12;27;35;3;11;40;30;1;28;20;5;4;7;37;14;36;29;18;22;39;31;16;2;32;38;15;26 |
| 5 | 1696,76 | 26;33;21;11;20;14;34;6;23;37;39;4;40;17;18;12;32;38;5;31;19;3;1;36;16;10;2;29;24;15;30;9;22;28;27;25;13;35;7;8 |
| 6 | 1696,78 | 19;21;33;11;14;37;20;39;6;23;40;18;26;38;4;17;5;1;32;34;7;24;31;10;2;16;30;27;36;29;35;25;13;9;12;3;15;8;28;22 |
| 7 | 1697,10 | 19;33;11;12;20;37;18;21;39;4;40;26;38;17;6;5;32;23;24;7;10;25;31;16;34;2;27;14;30;36;3;9;35;13;29;1;22;8;15;28 |
| 8 | 1697,68 | 19;21;33;11;14;37;20;39;5;23;40;18;26;38;4;17;6;1;32;34;7;24;31;10;2;16;30;27;36;29;35;25;13;9;12;3;15;8;28;22 |
| 9 | 1697,72 | 19;33;12;25;20;37;5;21;39;4;40;23;38;26;6;11;32;17;24;18;7;10;31;16;34;2;27;14;8;9;3;36;35;22;29;1;13;30;15;28 |
| 10 | 1698,37 | 27;21;25;39;38;33;23;34;29;31;20;3;28;26;19;10;40;11;4;14;36;5;30;15;6;18;37;7;35;32;17;13;24;9;16;12;2;22;8;1 |

10000. GENERACE

N=10.000

Tab. 36: 10000. generace

| Řetězec č. | Sled výrobních dávek definovaný v řetězci |
|------------|--|
| 1 | 21;19;16;13;40;10;12;15;3;5;6;20;34;30;37;18;31;33;22;8;27;25;11;24;36;32;7;14;28;26;29;39;4;35;2;1;17;23;38;9 |
| 2 | 19;21;16;13;40;10;12;3;6;29;37;30;15;20;34;5;8;18;22;31;33;27;25;32;11;28;26;24;14;36;7;39;4;2;35;38;1;17;23;9 |
| 3 | 40;19;16;13;12;10;37;30;3;15;6;5;28;36;33;21;18;34;22;8;20;31;25;29;39;32;11;26;35;14;2;24;7;4;1;27;17;23;38;9 |
| 4 | 40;13;19;16;12;10;37;3;15;6;20;5;28;21;30;18;34;8;36;32;22;1;25;29;31;11;33;26;24;23;35;14;7;2;4;27;39;17;38;9 |
| 5 | 19;16;13;40;12;10;3;6;15;30;37;20;36;21;5;18;34;8;27;22;32;31;25;29;11;28;33;26;24;23;39;14;7;4;2;1;35;17;38;9 |
| 6 | 19;16;37;13;40;10;12;3;6;15;30;21;5;36;2;18;8;27;22;31;25;20;32;29;11;28;33;24;23;14;26;7;4;34;35;39;1;17;38;9 |
| 7 | 21;19;16;13;40;10;12;15;3;5;6;20;34;30;37;18;31;33;22;8;27;25;11;24;36;32;7;14;28;26;29;39;4;35;2;1;17;23;38;9 |
| 8 | 19;13;40;16;12;10;30;3;15;6;37;5;36;21;27;18;34;8;20;32;22;31;25;29;11;28;33;26;24;23;35;14;7;2;4;1;39;17;38;9 |
| 9 | 19;13;40;16;12;10;30;3;15;6;38;5;36;21;27;18;34;8;20;32;22;31;25;29;11;28;33;26;24;23;35;14;7;2;4;1;39;17;37;9 |
| 10 | 19;13;40;16;12;10;30;3;15;6;37;5;36;21;22;18;34;8;20;32;27;31;25;29;11;28;33;26;24;23;35;14;7;2;4;1;39;17;38;9 |

Fitness

Tab. 37: Fitness 10000. generace

| Řetězec č. | Kvalita řetězců – fitness | Řetězec č. | Kvalita řetězců – fitness |
|------------|------------------------------|---------------|------------------------------|
| 1 | 1775,47 | 6 | 1738,6 |
| 2 | 1752,88 | 7 | 1775,47 |
| 3 | 1769,94 | 8 | 1746,25 |
| 4 | 1772,7 | 9 | 1746,25 |
| 5 | 1742,19 | 10 | 1746,35 |
| | | průměr (1-10) | 1756,61 |

Best of

Tab. 38: Nejlepší nalezené výsledky po 10000. cyklu aplikace GA

| Řetězec č. | Kvalita řetězce - fitness | Sled výrobních dávek definovaný v řetězci |
|------------|------------------------------|--|
| 1 | 1681,97 | 16;33;12;20;11;34;36;22;13;5;40;3;31;27;24;23;35;9;15;19;17;18;10;39;4;32;21;30;28;29;38;7;2;37;14;26;1;25;8;6 |
| 2 | 1683,09 | 34;19;20;8;11;26;33;13;5;2;23;27;32;3;10;1;40;28;4;22;39;7;30;9;35;29;21;14;6;25;24;38;12;17;16;31;15;36;37;18 |
| 3 | 1683,24 | 26;10;11;5;9;34;20;2;8;33;19;39;27;3;6;40;12;21;4;22;36;35;30;17;28;7;23;18;24;37;29;16;31;14;15;32;25;1;38;13 |
| 4 | 1683,45 | 34;13;8;2;3;33;26;23;20;39;10;32;19;5;11;1;40;7;4;28;27;35;30;22;21;29;14;9;25;6;38;17;16;24;31;15;18;37;36;12 |
| 5 | 1683,97 | 34;39;4;5;11;21;20;10;9;7;40;19;1;33;3;28;14;13;32;12;23;30;15;29;35;8;25;27;22;6;2;18;37;17;38;31;36;26;16;24 |
| 6 | 1684,28 | 34;39;30;5;20;26;9;4;17;40;7;23;38;11;21;1;19;10;31;33;28;14;32;27;8;35;29;15;25;12;24;22;6;2;3;37;18;36;16;13 |
| 7 | 1684,38 | 34;13;2;29;33;20;3;26;39;32;10;19;5;11;23;1;40;7;4;28;27;35;30;22;21;8;14;9;25;16;38;6;24;31;17;15;18;37;36;12 |
| 8 | 1685,02 | 34;39;30;22;5;26;20;9;17;7;4;23;11;40;3;21;6;10;19;33;28;14;13;32;29;35;15;12;27;8;24;2;1;38;25;37;31;18;16;36 |
| 9 | 1685,27 | 26;10;11;5;9;34;20;2;33;39;8;21;19;27;6;40;14;36;22;17;30;4;35;23;28;7;3;29;18;24;16;37;31;12;15;25;32;1;38;13 |
| 10 | 1685,33 | 9;29;27;14;10;31;8;40;11;33;24;2;19;20;5;35;39;21;22;4;34;37;23;32;1;38;7;13;18;3;28;17;15;25;16;36;26;6;30;12 |

100000. GENERACE

N=100.000

Tab. 39: 100000. generace

| Řetězec č. | Sled výrobních dávek definovaný v řetězci |
|------------|--|
| 1 | 25;26;33;39;11;24;2;7;12;9;19;27;38;20;22;31;1;40;15;6;35;36;16;4;8;37;28;14;23;32;10;29;30;13;3;5;34;18;17;21 |
| 2 | 25;26;33;24;11;7;2;38;18;27;12;36;1;22;20;31;19;6;14;9;15;35;40;4;8;3;30;16;23;5;39;10;32;34;28;13;37;29;17;21 |
| 3 | 25;26;33;39;11;24;2;7;12;9;19;27;38;10;22;31;1;40;15;6;35;36;16;4;8;37;28;14;23;32;20;29;30;13;3;5;34;18;17;21 |
| 4 | 25;26;33;39;11;24;2;7;38;12;27;22;19;9;20;31;1;40;15;6;36;4;16;8;35;32;28;14;23;29;37;10;30;13;3;5;34;18;17;21 |
| 5 | 25;26;33;24;11;7;2;4;9;22;38;12;21;31;20;40;32;6;14;27;15;36;8;3;30;16;28;35;23;5;10;13;19;34;39;18;37;1;29;17 |
| 6 | 25;26;33;11;24;7;2;6;38;4;21;12;22;19;20;40;31;27;15;36;9;16;8;30;5;35;14;39;23;10;13;34;28;1;32;3;18;17;37;29 |
| 7 | 25;26;33;11;24;2;7;9;38;4;22;12;31;19;20;40;1;27;15;6;36;16;8;30;5;28;14;35;23;10;13;34;39;29;32;3;18;21;37;17 |
| 8 | 25;26;33;39;11;24;2;7;12;9;19;27;38;20;22;31;1;40;15;6;35;36;16;4;8;37;28;14;23;32;10;29;30;13;3;5;34;18;17;21 |
| 9 | 25;26;33;24;11;1;7;22;2;4;36;18;12;38;20;19;31;27;15;6;9;16;8;30;40;28;14;35;23;10;3;34;13;5;32;39;37;21;29;17 |
| 10 | 25;26;33;24;11;1;9;2;36;4;12;7;38;19;22;27;20;6;31;15;35;40;16;30;23;14;10;28;32;8;34;3;13;5;18;39;37;21;29;17 |

Fitness

Tab. 40: Fitness 100000. generace

| Řetězec č. | Kvalita řetězců – fitness | Řetězec č. | Kvalita řetězců – fitness |
|------------|------------------------------|---------------|------------------------------|
| 1 | 1766,03 | 6 | 1749,9 |
| 2 | 1741,25 | 7 | 1763,23 |
| 3 | 1775,52 | 8 | 1766,03 |
| 4 | 1763,23 | 9 | 1775,19 |
| 5 | 1758,67 | 10 | 1773,84 |
| | | průměr (1-10) | 1763,29 |

Best of

Tab. 41: Nejlepší nalezené výsledky po 100000. cyklu aplikace GA

| Řetězec č. | Kvalita řetězce - fitness | Sled výrobních dávek definovaný v řetězci |
|------------|------------------------------|--|
| 1 | 1668,17 | 7;10;11;39;20;36;6;40;5;34;29;26;23;33;4;19;13;15;28;25;17;30;31;35;14;1;8;37;18;24;16;21;9;27;2;32;12;3;22;38 |
| 2 | 1668,59 | 7;36;33;20;11;10;12;40;5;34;4;26;30;29;19;13;39;28;25;15;35;37;31;8;14;1;24;18;16;9;21;32;27;17;2;23;3;6;22;38 |
| 3 | 1670,43 | 7;36;33;20;11;10;12;40;5;34;4;26;30;29;19;13;28;39;25;15;35;37;31;8;14;18;24;1;16;9;23;32;27;21;2;17;3;6;22;38 |
| 4 | 1673,09 | 7;33;11;10;40;36;20;5;34;12;4;26;30;29;19;13;28;25;31;39;35;15;37;14;8;18;21;3;24;32;16;2;9;27;1;23;38;22;17;6 |
| 5 | 1673,31 | 33;31;7;11;40;4;5;19;9;39;24;20;26;10;3;34;14;6;35;17;13;27;28;16;32;36;12;37;30;29;22;1;21;8;23;15;18;38;2;25 |
| 6 | 1673,74 | 7;39;10;20;11;40;5;34;26;33;30;35;1;29;23;19;4;28;13;15;18;25;17;31;27;37;21;14;8;16;6;24;9;32;12;36;3;22;2;38 |
| 7 | 1674,62 | 33;31;11;10;40;19;20;24;13;5;39;9;21;7;4;3;18;26;16;34;27;17;28;1;32;12;29;35;30;36;15;22;37;23;8;14;6;38;2;25 |
| 8 | 1674,95 | 30;26;10;8;40;39;19;5;7;11;17;20;33;6;28;34;29;13;31;25;4;36;35;22;32;23;2;3;9;27;18;12;37;38;14;24;21;15;16;1 |
| 9 | 1675,05 | 33;19;11;28;40;31;20;4;23;5;21;24;39;7;10;3;34;9;18;26;29;16;27;17;32;12;1;35;36;30;13;15;37;22;8;14;6;38;2;25 |
| 10 | 1675,31 | 33;22;11;4;40;19;23;24;9;39;5;10;20;7;21;3;34;18;26;17;29;16;27;28;32;1;12;13;30;36;35;31;37;15;8;14;6;38;2;25 |

200000. GENERACE

N=200.000

Tab. 42: 200000. generace

| Řetězec č. | Sled výrobních dávek definovaný v řetězci |
|------------|--|
| 1 | 14;31;12;24;34;40;8;19;7;33;28;1;5;6;36;39;22;23;32;10;13;27;3;4;37;29;2;20;11;30;26;9;15;35;38;18;16;25;21;17 |
| 2 | 14;12;31;25;19;24;40;8;34;7;6;18;1;33;5;39;22;10;23;28;13;36;3;37;32;27;29;4;2;20;11;30;26;9;15;35;38;16;21;17 |
| 3 | 14;31;38;37;1;12;19;11;35;24;33;34;23;15;7;8;5;39;28;18;10;27;30;36;3;22;32;29;6;9;4;26;25;2;20;13;16;40;21;17 |
| 4 | 14;31;38;37;1;12;19;11;35;24;33;34;23;15;7;8;5;39;28;18;10;27;30;36;3;22;32;29;6;9;4;26;25;2;20;13;16;40;21;17 |
| 5 | 14;12;31;25;19;24;40;33;34;7;8;6;23;28;1;37;5;10;13;32;3;36;9;39;2;27;29;22;4;20;11;30;26;18;15;35;38;16;21;17 |
| 6 | 14;12;31;19;24;34;35;40;7;6;10;33;8;28;1;23;5;13;3;32;36;37;22;27;39;29;2;4;18;11;26;9;15;20;30;38;25;16;17;21 |
| 7 | 14;31;38;1;12;40;10;34;23;33;6;7;15;37;8;5;28;39;18;19;27;4;3;30;24;36;29;22;32;11;26;9;35;2;20;16;25;13;21;17 |
| 8 | 14;31;38;37;1;12;19;11;35;34;33;32;23;39;7;3;5;8;28;18;10;24;27;36;26;22;40;29;6;9;4;13;16;2;20;25;15;30;21;17 |
| 9 | 14;31;38;18;12;40;36;34;1;33;6;7;19;37;32;5;23;39;28;10;22;4;3;8;24;27;29;2;26;11;30;9;35;20;13;16;25;15;21;17 |
| 10 | 14;31;12;24;40;8;36;34;1;33;6;19;7;4;32;5;23;39;28;18;22;10;3;37;11;27;29;2;30;26;9;16;35;20;13;38;25;15;21;17 |

Fitness

Tab. 43: Fitness 200000. generace

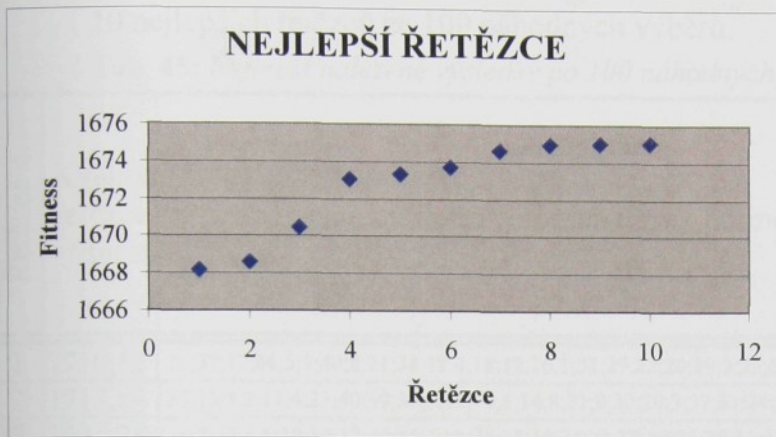
| Řetězec č. | Kvalita řetězců – fitness | Řetězec č. | Kvalita řetězců – fitness |
|------------|------------------------------|---------------|------------------------------|
| 1 | 1727,19 | 6 | 1751,16 |
| 2 | 1733,42 | 7 | 1742,26 |
| 3 | 1778,33 | 8 | 1773,02 |
| 4 | 1778,33 | 9 | 1749,69 |
| 5 | 1748,01 | 10 | 1743,17 |
| | | průměr (1-10) | 1752,46 |

Best of

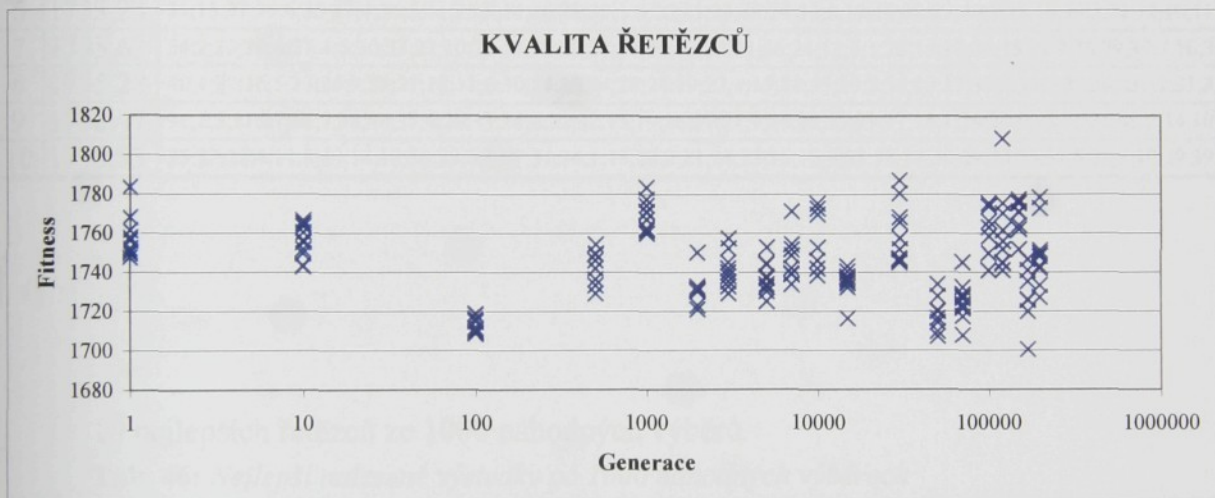
Tab. 44: Nejlepší nalezené výsledky po 200000. cyklu aplikace GA

| Řetězec č. | Kvalita řetězce - fitness | Sled výrobních dávek definovaný v řetězci |
|------------|------------------------------|--|
| 1 | 1668,17 | 7;10;11;39;20;36;6;40;5;34;29;26;23;33;4;19;13;15;28;25;17;30;31;35;14;1;8;37;18;24;16;21;9;27;2;32;12;3;22;38 |
| 2 | 1668,59 | 7;36;33;20;11;10;12;40;5;34;4;26;30;29;19;13;39;28;25;15;35;37;31;8;14;1;24;18;16;9;21;32;27;17;2;23;3;6;22;38 |
| 3 | 1670,43 | 7;36;33;20;11;10;12;40;5;34;4;26;30;29;19;13;28;39;25;15;35;37;31;8;14;18;24;1;16;9;23;32;27;21;2;17;3;6;22;38 |
| 4 | 1673,09 | 7;33;11;10;40;36;20;5;34;12;4;26;30;29;19;13;28;25;31;39;35;15;37;14;8;18;21;3;24;32;16;2;9;27;1;23;38;22;17;6 |
| 5 | 1673,31 | 33;31;7;11;40;4;5;19;9;39;24;20;26;10;3;34;14;6;35;17;13;27;28;16;32;36;12;37;30;29;22;1;21;8;23;15;18;38;2;25 |
| 6 | 1673,74 | 7;39;10;20;11;40;5;34;26;33;30;35;1;29;23;19;4;28;13;15;18;25;17;31;27;37;21;14;8;16;6;24;9;32;12;36;3;22;2;38 |
| 7 | 1674,62 | 33;31;11;10;40;19;20;24;13;5;39;9;21;7;4;3;18;26;16;34;27;17;28;1;32;12;29;35;30;36;15;22;37;23;8;14;6;38;2;25 |
| 8 | 1674,95 | 30;26;10;8;40;39;19;5;7;11;17;20;33;6;28;34;29;13;31;25;4;36;35;22;32;23;2;3;9;27;18;12;37;38;14;24;21;15;16;1 |
| 9 | 1675,04 | 7;22;34;33;25;10;28;40;19;5;11;18;20;21;29;17;38;4;9;30;12;23;15;39;24;32;1;26;31;2;37;3;8;35;14;36;6;13;27;16 |
| 10 | 1675,05 | 33;19;11;28;40;31;20;4;23;5;21;24;39;7;10;3;34;9;18;26;29;16;27;17;32;12;1;35;36;30;13;15;37;22;8;14;6;38;2;25 |

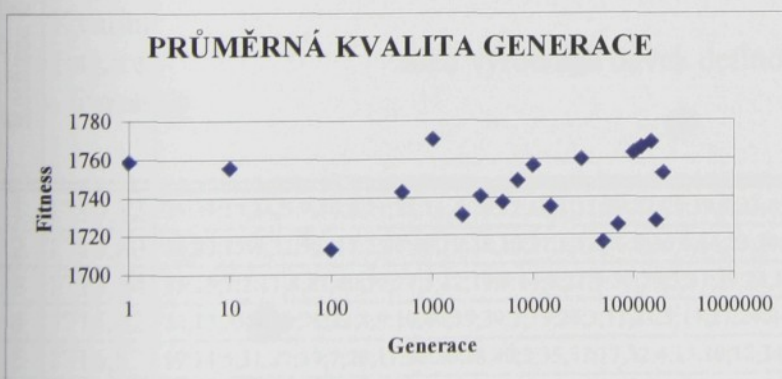
7.2.1 GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ VÝSLEDKŮ



Obr. 38: Grafické znázornění kvality nejlepších nalezených řetězců po 200.000 krocích GA



Obr. 39: Grafické znázornění kvality řetězců



Obr. 40: Průměrná kvalita řetězců v jednotlivých generacích

POZNÁMKA

Další výsledky jsou uvedeny v příloze C.

7.3 KONTROLNÍ METODA

10 nejlepších řetězců ze 100 náhodných výběrů.

Tab. 45: Nejlepší nalezené výsledky po 100 náhodných výběrech

| Řetězec č. | Kvalita řetězce - fitness | Sled výrobních dávek definovaný v řetězci | Náhod. pokus č. |
|------------|---------------------------|--|-----------------|
| 1 | 1710,12 | 25;37;17;34;5;7;40;8;21;38;11;4;18;12;10;1;31;29;22;20;19;9;33;6;16;15;30;28;3;2;14;26;13;39;23;35;27;36;32;24 | 92 |
| 2 | 1713,84 | 35;13;7;2;11;4;23;40;39;27;5;12;19;6;14;8;21;9;30;20;3;37;33;24;10;26;34;1;29;31;28;32;25;17;22;36;18;38;15;16 | 18 |
| 3 | 1725,28 | 14;7;37;4;5;19;39;12;40;36;30;8;33;35;10;24;21;18;20;26;27;11;23;38;25;13;2;9;32;29;31;1;22;34;16;15;28;17;3;6 | 39 |
| 4 | 1725,40 | 26;25;35;14;2;6;5;13;32;31;40;19;17;21;38;11;8;18;34;15;30;1;20;7;4;12;33;39;36;10;22;9;27;37;29;28;24;3;23;16 | 89 |
| 5 | 1729,86 | 15;4;40;10;5;20;2;7;38;25;16;30;22;14;9;11;6;13;34;35;26;28;18;39;24;21;27;17;29;1;19;32;33;3;31;36;37;23;12;8 | 65 |
| 6 | 1733,23 | 31;13;37;34;6;35;27;4;36;5;11;25;9;14;26;28;33;1;3;20;21;23;38;24;30;8;19;16;22;29;40;7;15;10;39;2;32;12;18;17 | 57 |
| 7 | 1733,63 | 34;2;25;39;6;27;4;5;30;33;22;10;20;14;38;23;21;18;40;13;32;11;36;24;12;8;1;28;19;17;26;15;31;9;35;29;37;7;16;3 | 47 |
| 8 | 1735,28 | 40;4;37;16;5;13;26;9;32;27;18;11;6;30;14;29;34;28;24;19;22;1;15;21;35;20;8;38;10;17;39;2;33;7;25;36;23;12;31;3 | 88 |
| 9 | 1738,47 | 31;2;3;11;27;36;7;38;40;35;4;20;13;34;6;22;32;15;19;26;37;21;9;16;25;33;39;17;18;1;29;24;5;28;8;23;30;12;14;10 | 12 |
| 10 | 1738,53 | 35;32;22;4;11;8;40;14;18;36;33;6;13;7;31;34;1;15;28;2;21;24;23;16;12;9;27;38;17;30;29;20;25;37;5;26;3;10;19;39 | 19 |

10 nejlepších řetězců ze 1000 náhodných výběrů.

Tab. 46: Nejlepší nalezené výsledky po 1000 náhodných výběrech

| Řetězec č. | Kvalita řetězce - fitness | Sled výrobních dávek definovaný v řetězci | Náhod. pokus č. |
|------------|---------------------------|--|-----------------|
| 1 | 1710,12 | 25;37;17;34;5;7;40;8;21;38;11;4;18;12;10;1;31;29;22;20;19;9;33;6;16;15;30;28;3;2;14;26;13;39;23;35;27;36;32;24 | 92 |
| 2 | 1713,80 | 34;20;15;4;32;5;9;11;2;33;40;19;38;10;37;1;12;26;8;30;6;16;23;24;25;18;28;35;39;29;3;13;31;7;21;22;17;14;27;36 | 647 |
| 3 | 1713,84 | 35;13;7;2;11;4;23;40;39;27;5;12;19;6;14;8;21;9;30;20;3;37;33;24;10;26;34;1;29;31;28;32;25;17;22;36;18;38;15;16 | 18 |
| 4 | 1715,62 | 22;17;33;4;16;26;32;8;9;10;40;19;39;1;15;20;3;11;21;5;14;27;24;34;25;18;12;13;37;30;36;6;23;35;28;31;38;29;2;7 | 703 |
| 5 | 1716,82 | 19;14;5;31;27;39;7;29;11;38;20;28;40;2;35;37;17;32;4;15;10;12;34;33;30;18;36;13;25;24;1;22;26;9;8;6;16;3;23;21 | 366 |
| 6 | 1718,27 | 31;3;18;8;29;36;7;1;21;34;22;15;33;25;13;37;39;14;38;40;28;2;32;20;19;26;24;11;4;30;5;23;27;10;35;6;16;12;17;9 | 266 |
| 7 | 1719,11 | 14;17;7;9;38;33;3;8;15;11;27;34;40;4;32;35;2;19;18;20;5;22;23;30;25;26;1;21;24;10;6;37;12;29;13;36;31;28;39;16 | 933 |
| 8 | 1719,48 | 24;2;14;19;27;34;8;7;33;26;11;20;21;22;17;28;16;10;36;5;40;38;23;32;39;18;37;9;6;30;31;15;12;29;35;3;25;13;4;1 | 954 |
| 9 | 1720,57 | 22;39;34;27;6;16;11;18;9;10;14;1;20;40;26;4;35;25;5;31;38;29;23;19;8;7;13;28;3;30;12;32;33;24;21;36;37;15;17;2 | 170 |
| 10 | 1721,03 | 1;29;32;17;8;6;28;33;14;31;15;11;22;9;12;7;37;34;21;20;38;10;13;5;26;2;40;4;18;35;3;19;24;25;30;36;23;16;39;27 | 279 |

10 nejlepších řetězců ze 5000 náhodných výběrů.

Tab. 47: Nejlepší nalezené výsledky po 5000 náhodných výběrech

| Řetězec č. | Kvalita řetězce - fitness | Sled výrobních dávek definovaný v řetězci | Náhod. pokus č. |
|------------|---------------------------|--|-----------------|
| 1 | 1692,75 | 15;9;20;37;25;8;2;33;11;19;34;1;5;39;10;40;36;21;3;22;4;12;18;24;13;26;7;38;17;30;31;28;27;6;23;35;29;32;14;16 | 2059 |
| 2 | 1702,67 | 15;34;7;9;36;20;10;3;40;1;21;23;33;19;27;39;30;11;5;25;29;4;13;37;2;8;18;28;17;16;26;22;14;31;32;12;6;35;24;38 | 2491 |
| 3 | 1705,19 | 1;18;34;6;22;4;7;8;20;40;11;5;29;33;13;12;17;10;19;32;21;16;31;26;24;9;15;28;39;3;27;37;25;30;35;23;2;38;14;36 | 3366 |
| 4 | 1706,34 | 25;11;40;19;5;35;4;39;33;10;2;38;3;34;29;37;24;1;12;20;21;30;23;26;28;13;27;17;32;15;31;16;36;14;18;6;9;7;8;22 | 1978 |
| 5 | 1706,88 | 33;2;35;25;5;6;39;28;19;11;7;8;34;30;20;4;40;27;37;12;31;32;24;15;22;10;21;38;29;14;26;36;16;13;3;9;17;23;18;1 | 4603 |
| 6 | 1707,37 | 1;15;25;30;35;13;2;21;8;10;34;9;33;32;12;23;38;36;11;20;7;19;27;40;3;5;37;17;29;14;24;39;22;4;26;18;28;31;16;6 | 3956 |
| 7 | 1707,86 | 14;2;3;25;20;37;11;8;24;9;7;34;4;33;5;35;36;26;30;40;32;19;10;28;39;38;16;18;29;22;31;1;17;6;21;23;27;13;15;12 | 3556 |
| 8 | 1708,10 | 1;19;6;10;5;40;11;36;9;27;23;38;20;22;29;39;17;4;12;2;33;14;24;28;32;34;18;7;15;30;31;13;21;8;35;25;26;16;3;37 | 2078 |
| 9 | 1710,12 | 25;37;17;34;5;7;40;8;21;38;11;4;18;12;10;1;31;29;22;20;19;9;33;6;16;15;30;28;3;2;14;26;13;39;23;35;27;36;32;24 | 92 |
| 10 | 1711,50 | 1;2;3;10;5;32;40;9;11;6;29;4;39;31;15;30;27;7;23;20;16;22;33;24;34;25;28;38;8;37;14;19;18;13;21;17;35;36;12;26 | 2762 |

10 nejlepších řetězců ze 10000 náhodných výběrů.

Tab. 48: Nejlepší nalezené výsledky po 10000 náhodných výběrech

| Řetězec č. | Kvalita řetězce - fitness | Sled výrobních dávek definovaný v řetězci | Náhod. pokus č. |
|------------|---------------------------|--|-----------------|
| 1 | 1692,75 | 15;9;20;37;25;8;2;33;11;19;34;1;5;39;10;40;36;21;3;22;4;12;18;24;13;26;7;38;17;30;31;28;27;6;23;35;29;32;14;16 | 2059 |
| 2 | 1695,80 | 1;32;37;7;14;33;4;12;9;36;40;11;6;18;39;8;29;19;5;20;38;22;21;16;34;10;27;2;24;30;31;25;15;23;35;13;17;28;3;26 | 9378 |
| 3 | 1697,99 | 3;31;29;36;17;34;1;39;33;18;7;11;5;40;23;20;30;22;8;2;14;32;19;38;25;12;27;26;4;15;10;6;24;35;28;9;37;21;16;13 | 6101 |
| 4 | 1702,06 | 35;12;30;33;16;6;18;8;40;21;11;7;37;39;31;34;23;5;19;20;36;4;24;26;25;10;13;29;3;14;2;32;9;17;28;27;15;1;38;22 | 7486 |
| 5 | 1702,67 | 15;34;7;9;36;20;10;3;40;1;21;23;33;19;27;39;30;11;5;25;29;4;13;37;2;8;18;28;17;16;26;22;14;31;32;12;6;35;24;38 | 2491 |
| 6 | 1704,75 | 15;26;6;36;18;11;1;40;9;10;17;2;16;5;31;3;8;28;33;20;13;4;39;35;19;25;34;12;37;30;22;32;7;27;14;24;29;38;21;23 | 6610 |
| 7 | 1705,19 | 1;18;34;6;22;4;7;8;20;40;11;5;29;33;13;12;17;10;19;32;21;16;31;26;24;9;15;28;39;3;27;37;25;30;35;23;2;38;14;36 | 3366 |
| 8 | 1706,29 | 11;10;33;6;18;13;19;1;15;7;9;30;34;39;2;40;20;5;31;21;8;4;25;28;36;26;27;22;29;12;32;24;17;35;3;23;14;38;16;37 | 5423 |
| 9 | 1706,34 | 25;11;40;19;5;35;4;39;33;10;2;38;3;34;29;37;24;1;12;20;21;30;23;26;28;13;27;17;32;15;31;16;36;14;18;6;9;7;8;22 | 1978 |
| 10 | 1706,54 | 39;36;38;4;40;1;30;32;19;14;11;18;5;6;3;16;10;28;20;25;21;35;23;7;33;34;27;26;8;29;13;17;22;24;37;31;12;9;2;15 | 8030 |

10 nejlepších řetězců ze 50000 náhodných výběrů.

Tab. 49: Nejlepší nalezené výsledky po 50000 náhodných výběrech

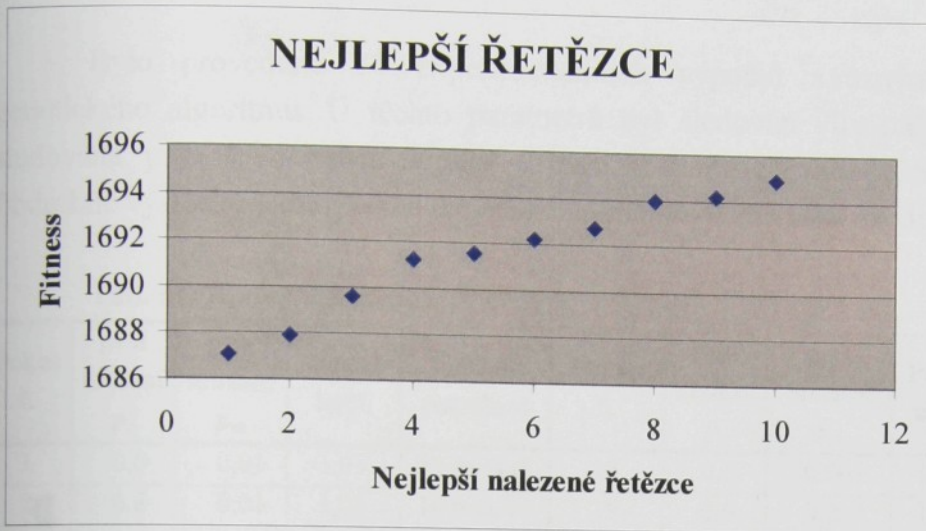
| Řetězec č. | Kvalita řetězce - fitness | Sled výrobních dávek definovaný v řetězci | Náhod. pokus č. |
|------------|---------------------------|--|-----------------|
| 1 | 1687,93 | 22;33;34;19;23;6;7;40;11;20;25;21;1;14;18;16;9;5;35;13;26;29;4;24;10;30;39;17;32;8;31;15;28;27;2;36;37;38;12;3 | 37979 |
| 2 | 1689,65 | 1;40;20;8;3;12;19;27;5;10;23;7;14;11;31;16;39;17;29;26;34;4;33;21;25;35;28;30;2;9;6;32;22;15;38;36;13;18;24;37 | 45399 |
| 3 | 1691,26 | 31;2;13;11;5;34;35;15;9;10;33;40;3;20;21;30;18;38;25;4;29;39;1;19;16;26;7;12;17;27;37;28;14;24;32;36;23;8;6;22 | 10108 |
| 4 | 1691,56 | 19;34;6;33;39;36;24;27;38;20;4;11;14;29;5;8;28;40;17;10;21;2;23;7;15;26;35;30;31;18;32;9;13;22;16;25;3;12;37;1 | 38065 |
| 5 | 1692,75 | 15;9;20;37;25;8;2;33;11;19;34;1;5;39;10;40;36;21;3;22;4;12;18;24;13;26;7;38;17;30;31;28;27;6;23;35;29;32;14;16 | 2059 |
| 6 | 1693,98 | 27;7;37;39;35;40;20;19;8;25;5;23;11;18;4;32;34;10;1;2;21;30;13;24;17;33;12;9;3;14;36;15;26;16;22;31;28;38;29;6 | 24513 |
| 7 | 1695,80 | 1;32;37;7;14;33;4;12;9;36;40;11;6;18;39;8;29;19;5;20;38;22;21;16;34;10;27;2;24;30;31;25;15;23;35;13;17;28;3;26 | 9378 |
| 8 | 1696,36 | 5;8;29;20;40;3;11;24;23;37;21;33;26;35;36;16;4;19;25;30;10;2;9;34;39;15;13;18;7;27;31;32;38;14;17;12;22;6;28;1 | 17391 |
| 9 | 1697,67 | 7;9;3;33;2;8;31;27;40;10;4;5;39;30;11;38;26;6;19;20;12;22;23;34;1;13;18;24;29;37;32;17;14;36;25;21;15;28;16;35 | 35511 |
| 10 | 1697,99 | 3;31;29;36;17;34;1;39;33;18;7;11;5;40;23;20;30;22;8;2;14;32;19;38;25;12;27;26;4;15;10;6;24;35;28;9;37;21;16;13 | 6101 |

10 nejlepších řetězců ze 100.000 náhodných výběrů.

Tab. 50: Nejlepší nalezené výsledky po 100000 náhodných výběrech

| Řetězec č. | Kvalita řetězce - fitness | Sled výrobních dávek definovaný v řetězci | Náhod. pokus č. |
|------------|---------------------------|--|-----------------|
| 1 | 1687,08 | 40;2;35;4;9;20;14;3;5;10;11;34;30;24;26;8;39;23;19;1;33;7;29;38;22;15;17;28;12;31;27;32;25;6;18;21;37;13;16;36 | 95113 |
| 2 | 1687,93 | 22;33;34;19;23;6;7;40;11;20;25;21;1;14;18;16;9;5;35;13;26;29;4;24;10;30;39;17;32;8;31;15;28;27;2;36;37;38;12;3 | 37979 |
| 3 | 1689,65 | 1;40;20;8;3;12;19;27;5;10;23;7;14;11;31;16;39;17;29;26;34;4;33;21;25;35;28;30;2;9;6;32;22;15;38;36;13;18;24;37 | 45399 |
| 4 | 1691,26 | 31;2;13;11;5;34;35;15;9;10;33;40;3;20;21;30;18;38;25;4;29;39;1;19;16;26;7;12;17;27;37;28;14;24;32;36;23;8;6;22 | 10108 |
| 5 | 1691,56 | 19;34;6;33;39;36;24;27;38;20;4;11;14;29;5;8;28;40;17;10;21;2;23;7;15;26;35;30;31;18;32;9;13;22;16;25;3;12;37;1 | 38065 |
| 6 | 1692,22 | 17;10;3;39;40;6;11;8;9;27;20;36;37;22;5;33;1;18;34;2;21;19;25;7;32;12;29;24;4;30;31;16;15;28;35;26;38;14;13;23 | 66865 |
| 7 | 1692,75 | 15;9;20;37;25;8;2;33;11;19;34;1;5;39;10;40;36;21;3;22;4;12;18;24;13;26;7;38;17;30;31;28;27;6;23;35;29;32;14;16 | 2059 |
| 8 | 1693,98 | 27;7;37;39;35;40;20;19;8;25;5;23;11;18;4;32;34;10;1;2;21;30;13;24;17;33;12;9;3;14;36;15;26;16;22;31;28;38;29;6 | 24513 |
| 9 | 1694,19 | 17;13;3;9;18;23;40;33;8;4;1;37;2;11;34;24;29;19;5;20;31;22;36;10;25;39;38;7;28;30;15;32;35;14;27;26;6;12;21;16 | 95377 |
| 10 | 1694,94 | 40;19;5;38;27;6;7;4;39;20;11;13;21;9;36;34;23;3;30;10;32;29;18;33;31;26;35;28;22;1;12;15;17;24;8;14;25;2;16;37 | 51550 |

7.3.1 GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ VÝSLEDKŮ



Obr. 41: Grafické znázornění kvality nejlepších nalezených řetězců ze 100.000 náhod. výběrů

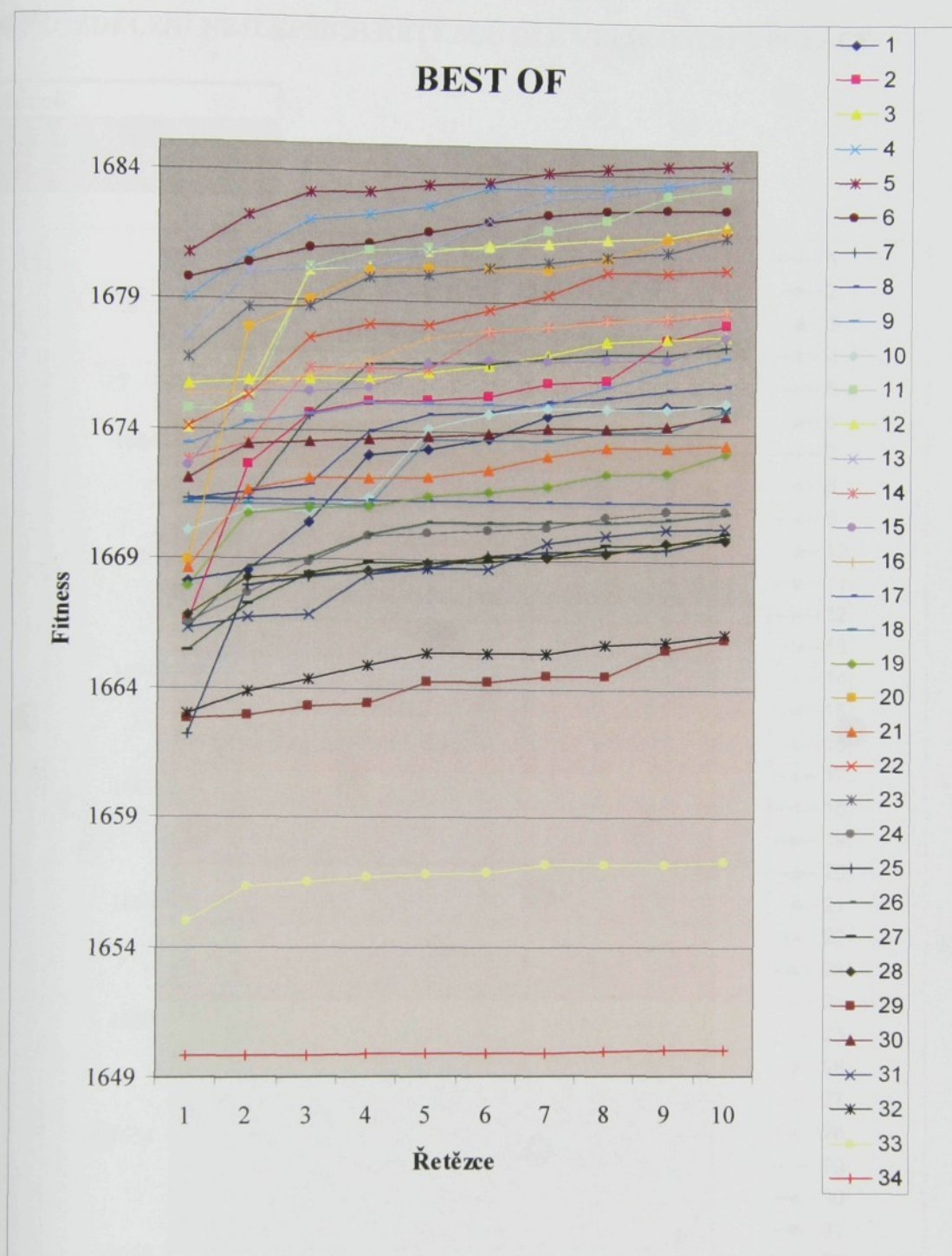
7.4 POROVNÁNÍ ZÁKLADNÍCH PARAMETRŮ EXPERIMENTÁLNÍCH VÝPOČTŮ

Bylo provedeno 34 experimentálních výpočtů s různými parametry nastavení genetického algoritmu. U těchto parametrů byl sledován vliv na výsledek výpočtu. Byla sledována pravděpodobnost mutace křížení, penalizační koeficient a velikost populace. Podrobné výsledky jednotlivých experimentálních výpočtů jsou uvedeny v příloze C.

Tab. 51: Hodnoty parametrů výpočtu

| Pokus č. | prst křížení p_c | prst mutace p_m | Penal. koef. | Velikost populace | Pokus č. | prst křížení p_c | prst mutace p_m | Penal. koef. | Velikost populace |
|----------|-----------------------|----------------------|--------------|-------------------|----------|-----------------------|----------------------|--------------|-------------------|
| 1 | 0,6 | 0,01 | 1,05 | 10 řetězců | 18 | 0,6 | 0,001 | 1,05 | 10 řetězců |
| 2 | 0,6 | 0,01 | 1,05 | 10 řetězců | 19 | 0,6 | 0,001 | 1,05 | 10 řetězců |
| 3 | 0,6 | 0,01 | 1,05 | 10 řetězců | 20 | 0,6 | 0,05 | 1,05 | 10 řetězců |
| 4 | 0,3 | 0,1 | 1,05 | 10 řetězců | 21 | 0,6 | 0,01 | 1,05 | 10 řetězců |
| 5 | 0,3 | 0,1 | 1,05 | 10 řetězců | 22 | 0,6 | 0,05 | 1,05 | 10 řetězců |
| 6 | 0,3 | 0,1 | 1,05 | 10 řetězců | 23 | 0,6 | 0,05 | 1,05 | 10 řetězců |
| 7 | 0,3 | 0,01 | 1,05 | 10 řetězců | 24 | 0,6 | 0,01 | 1,05 | 30 řetězců |
| 8 | 0,3 | 0,01 | 1,05 | 10 řetězců | 25 | 0,6 | 0,01 | 1,05 | 50 řetězců |
| 9 | 0,3 | 0,01 | 1,05 | 10 řetězců | 26 | 0,6 | 0,01 | 1,05 | 40 řetězců |
| 10 | 0,3 | 0,01 | 1,05 | 10 řetězců | 27 | 0,6 | 0,01 | 1,05 | 50 řetězců |
| 11 | 0,6 | 0,1 | 1,05 | 10 řetězců | 28 | 0,6 | 0,01 | 1,05 | 50 řetězců |
| 12 | 0,6 | 0,1 | 1,05 | 10 řetězců | 29 | 0,6 | 0,01 | 1,01 | 10 řetězců |
| 13 | 0,6 | 0,1 | 1,05 | 10 řetězců | 30 | 0,6 | 0,01 | 1,03 | 10 řetězců |
| 14 | 0,6 | 0,01 | 1,05 | 8 řetězců | 31 | 0,6 | 0,01 | 1,02 | 10 řetězců |
| 15 | 0,6 | 0,01 | 1,05 | 8 řetězců | 32 | 0,6 | 0,01 | 1,01 | 10 řetězců |
| 16 | 0,6 | 0,01 | 1,05 | 8 řetězců | 33 | 0,6 | 0,001 | 1,01 | 10 řetězců |
| 17 | 0,6 | 0,001 | 1,05 | 10 řetězců | 34 | 0,6 | 0,001 | 1,01 | 50 řetězců |

Následující graf znázorňuje 10 nejlepších řetězců zachycených při jednotlivých výpočtech.



Obr. 42: Nejlepší zachycené řetězce v jednotlivých pokusech

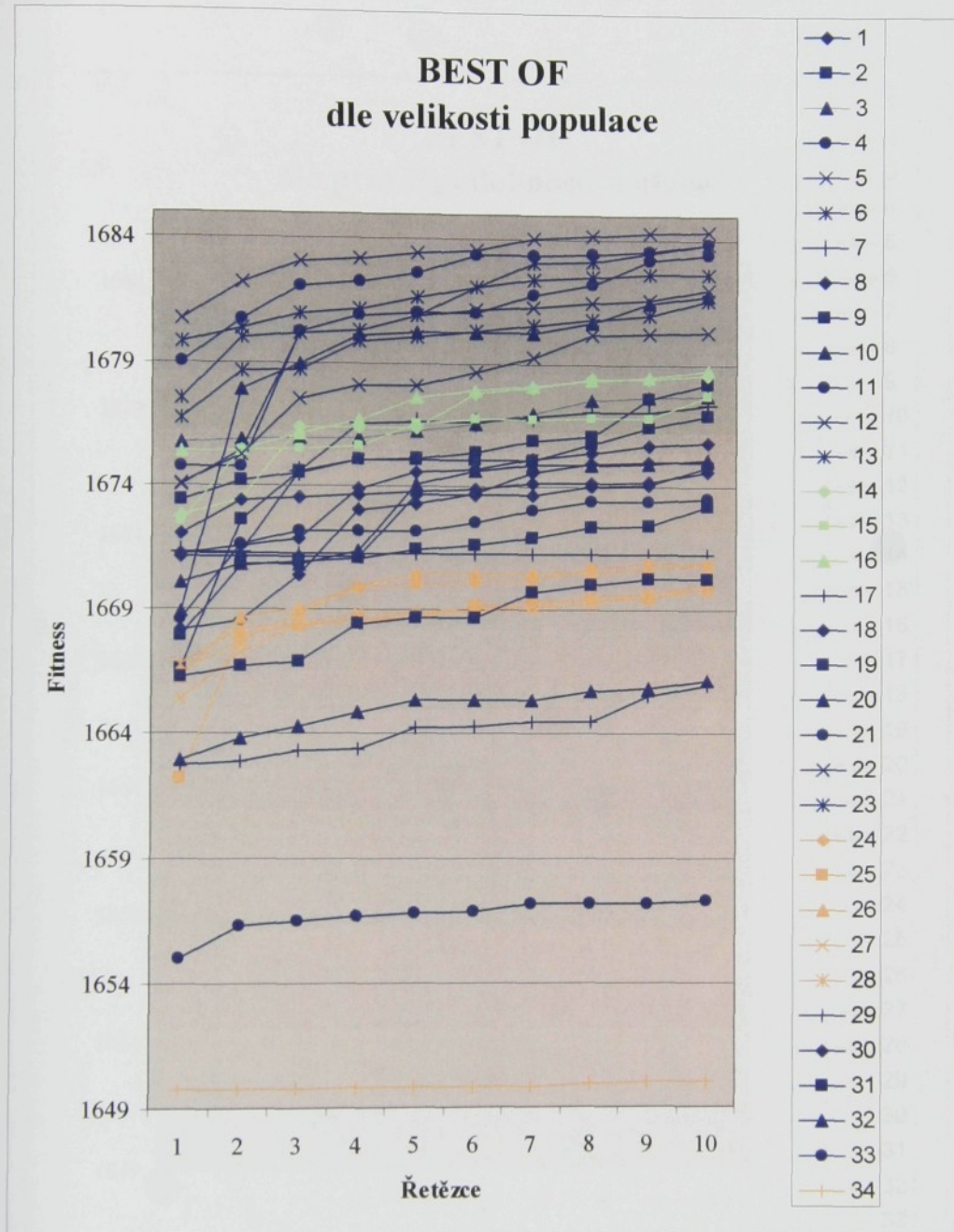
Pozn. Číslo v legendě představují čísla jednotlivých pokusů experimentálních měření

7.4.1 ROZDĚLENÍ NEJLEPŠÍCH ŘETĚZCŮ DLE VELIKOSTI POPULACE

10 řetězců

8 řetězců

10-30 řetězců

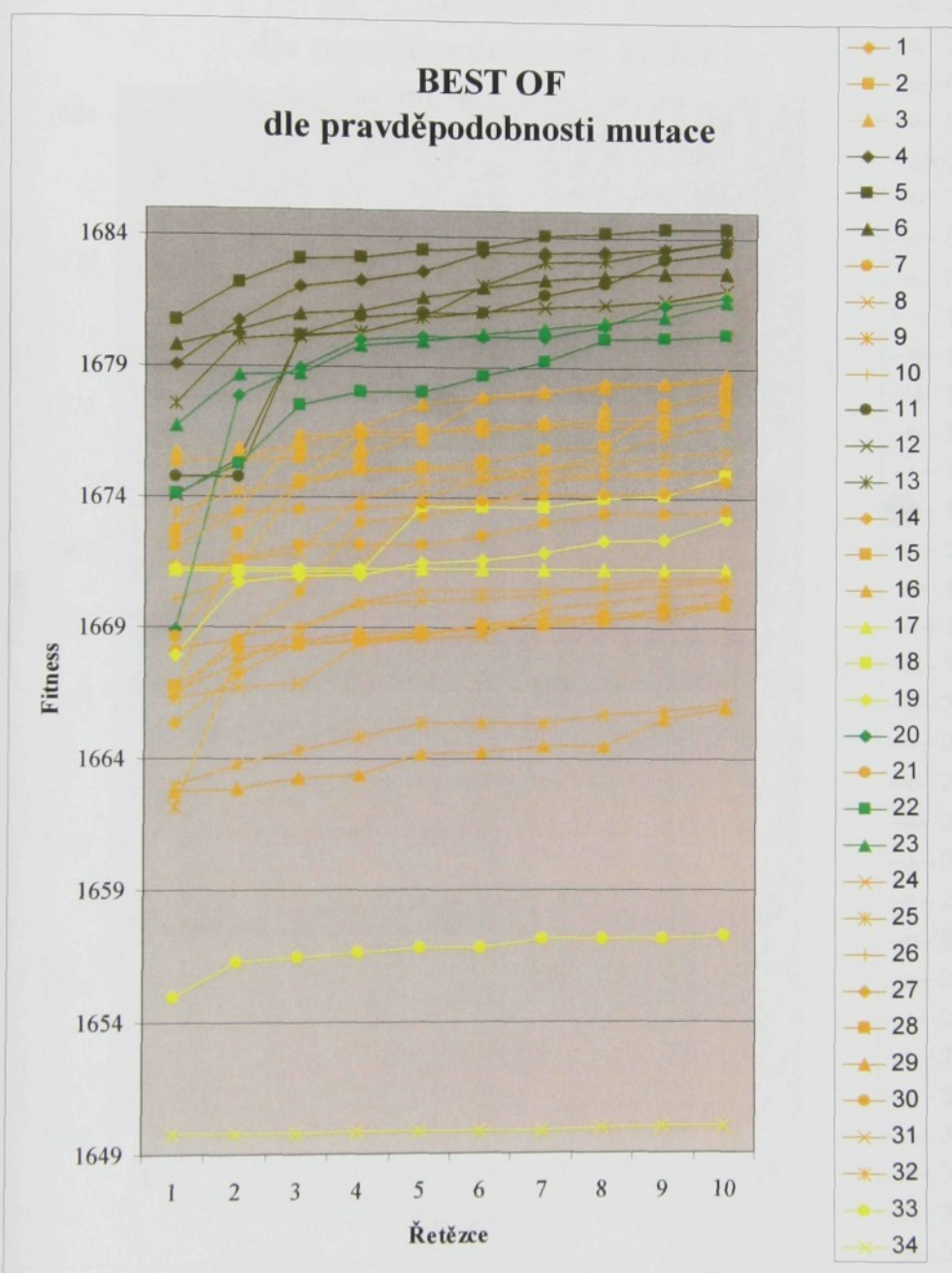


Obr. 43: Rozdělení nejlepších řetězců z jednotlivých pokusů dle velikosti populace

Na základě rozdělení výsledků experimentu dle velikosti populace, je jasně vidět, že populace s větším počtem řetězců dosahuje lepších výsledků, tzn. nalézá sled výrobních dávek s nižší celkovou dobou zpracování. Nevýhodou objemnější populace je výrazně delší doba zpracování. V případě použitých dat, je časová prodleva řešení populace s vyšším počtem řetězců mnohem výraznější než rozdíl ve fitness získaných řetězců.

7.4.2 ROZDĚLENÍ NEJLEPŠÍCH ŘETĚZCŮ DLE PRAVDĚPODOBNOTI MUTACE

| |
|-------------|
| $p_m=0,1$ |
| $p_m=0,05$ |
| $p_m=0,01$ |
| $p_m=0,001$ |



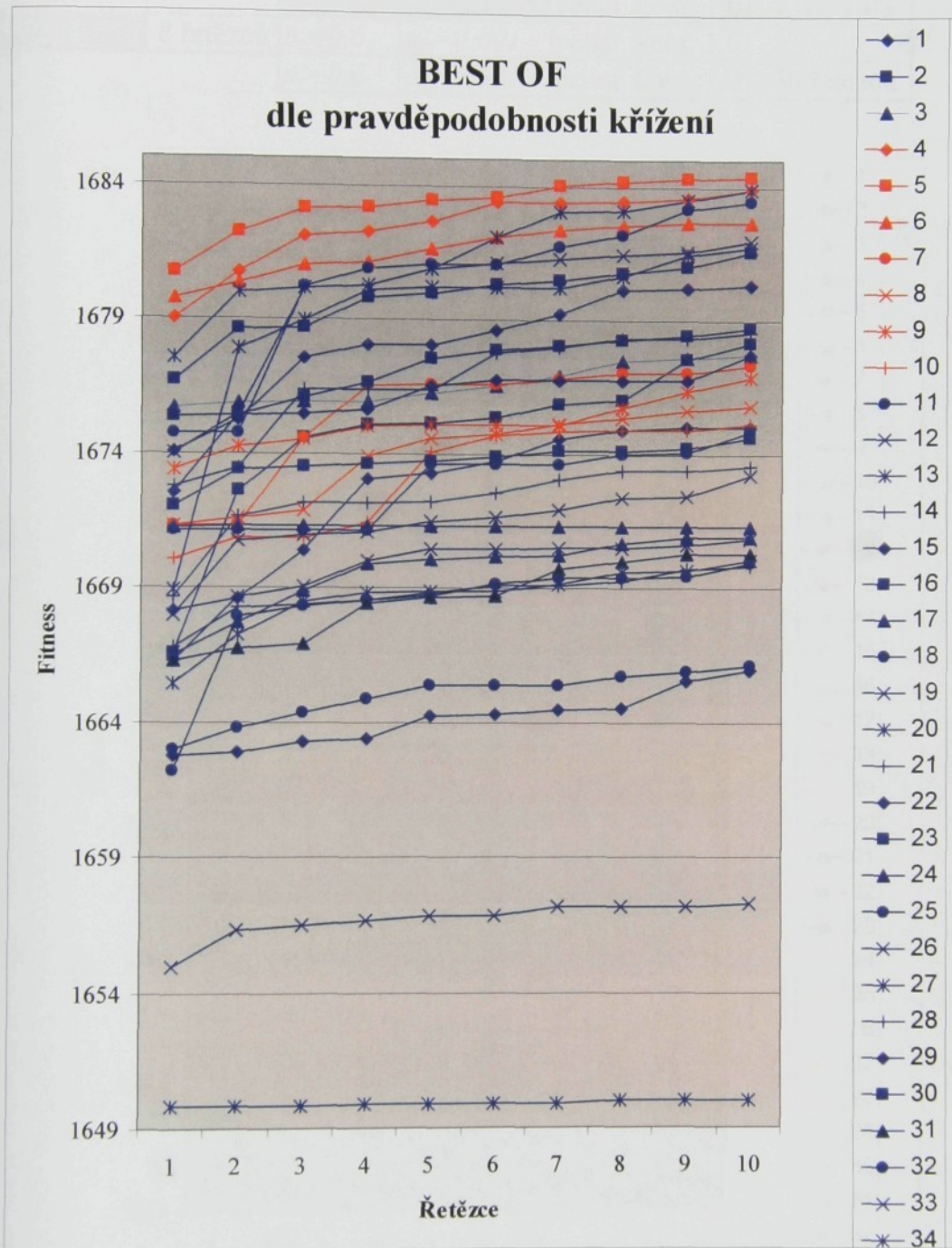
Obr. 44: Rozdělení nejlepších řetězců z jednotlivých pokusů dle pravděpodobnosti mutace

Vliv aplikace pravděpodobnosti mutace je na tomto grafu jasně vidět. Samozřejmě, že působí ještě ostatní parametry, ale je možné konstatovat, že zvyšující se pravděpodobnost mutace snižuje možnost nalezení absolutního optima. Častá změna pozic řetězce vlivem mutace, způsobuje možnou ztrátu kvalitních řetězců.

7.4.3 ROZDĚLENÍ NEJLEPŠÍCH ŘETĚZCŮ DLE PRAVDĚPODOBNOSTI KŘÍŽENÍ

$$p_c = 0,6$$

$$p_c = 0,3$$

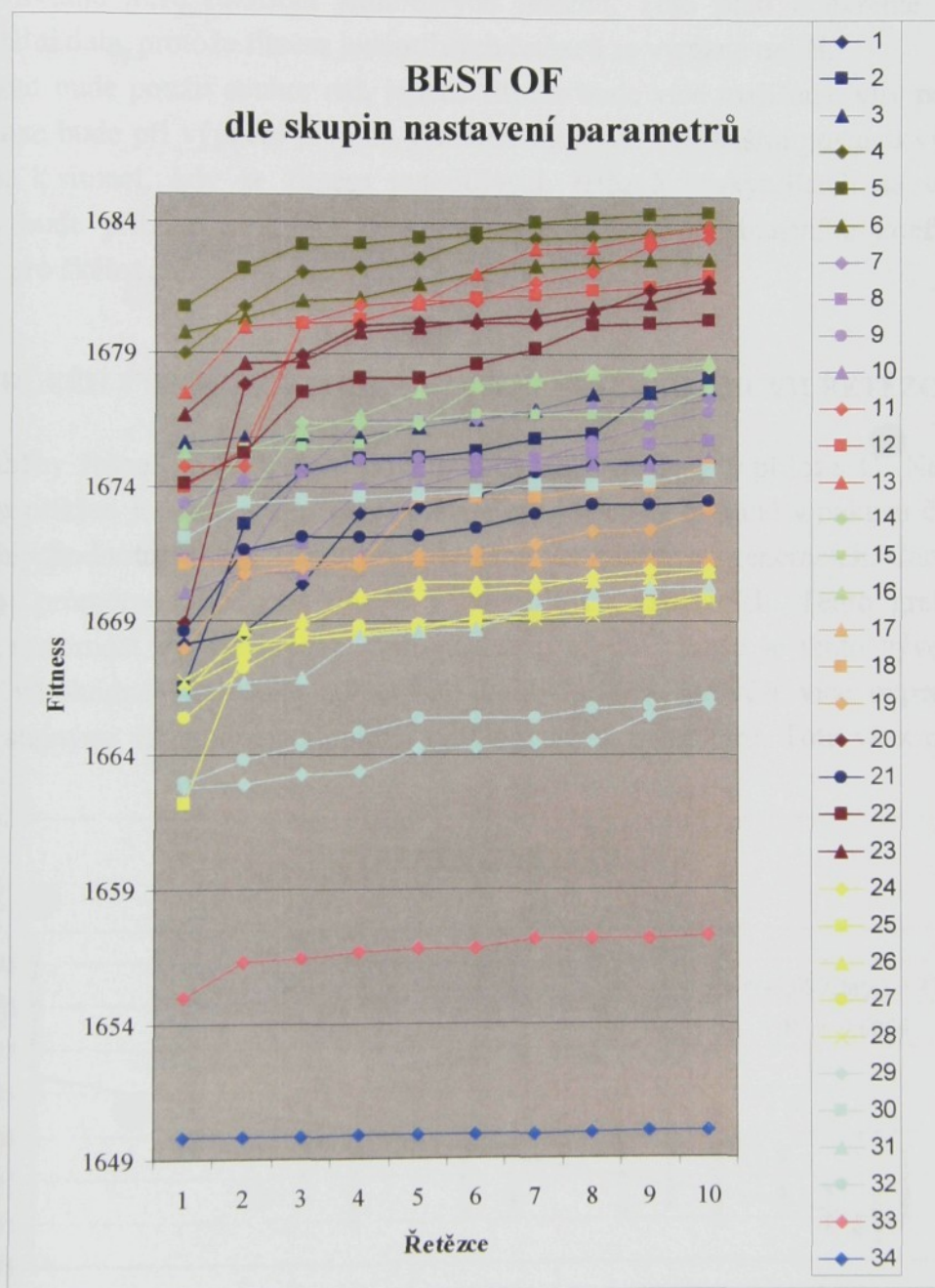


Obr. 45: Rozdělení nejlepších řetězců z jednotlivých pokusů dle pravděpodobnosti křížení

Jak se ukázalo, změna pravděpodobnosti křížení nemá tak významný vliv na možnosti dosažení globálního optima. V grafu je sice vidět určitý náznak rozdělení souboru dat, ale vzhledem k aplikovaným změnám také ostatních parametrů výpočtu, je nutno přisoudit tento stav spíše změnám ostatních parametrů (prst mutace).

7.4.4 ROZDĚLENÍ NEJLEPŠÍCH ŘETĚZCŮ DLE SKUPIN NASTAVENÍ PARAMETRŮ

| | | | | | |
|-----------|------------|-----------|-----------|-------------|-------------------------------|
| $p_c=0,6$ | $p_m=0,01$ | | $p_c=0,6$ | $p_m=0,001$ | |
| $p_c=0,3$ | $p_m=0,1$ | | $p_c=0,6$ | $p_m=0,05$ | |
| $p_c=0,3$ | $p_m=0,01$ | | $p_c=0,6$ | $p_m=0,01$ | 30, 50, 40 řetězců |
| $p_c=0,6$ | $p_m=0,1$ | | $p_c=0,6$ | $p_m=0,01$ | penal. koef. 1,01; 1,02; 1,03 |
| $p_c=0,6$ | $p_m=0,01$ | 8 řetězců | $p_c=0,6$ | $p_m=0,001$ | penal. koef. 1,01 |
| | | | $p_c=0,6$ | $p_m=0,001$ | penal. koef. 1,01; 50 řetězců |



Obr. 46: Rozdělení nejlepších řetězců z jednotlivých pokusů dle dvojic nastavení parametrů

Z výše uvedeného grafu je jasně vidět společný vliv více parametrů na výsledky experimentu. Tyto výsledky potvrzují závěry uvedené výše. Nižší pravděpodobnost křížení a vyšší pravděpodobnost mutace způsobují nejhorší výsledky, tzn. že se řešení v tomto případě

nejméně blíží optimu. Naopak extrému se nejvíc blíží soubor výsledků s hodnotami pravděpodobnosti mutace a křížení stejnými, jaké jsou přednastavené ve výpočtovém algoritmu. Tyto přednastavené hodnoty byly definovány na základě zkušeností ostatních řešitelů GA uveřejněných v literatuře.

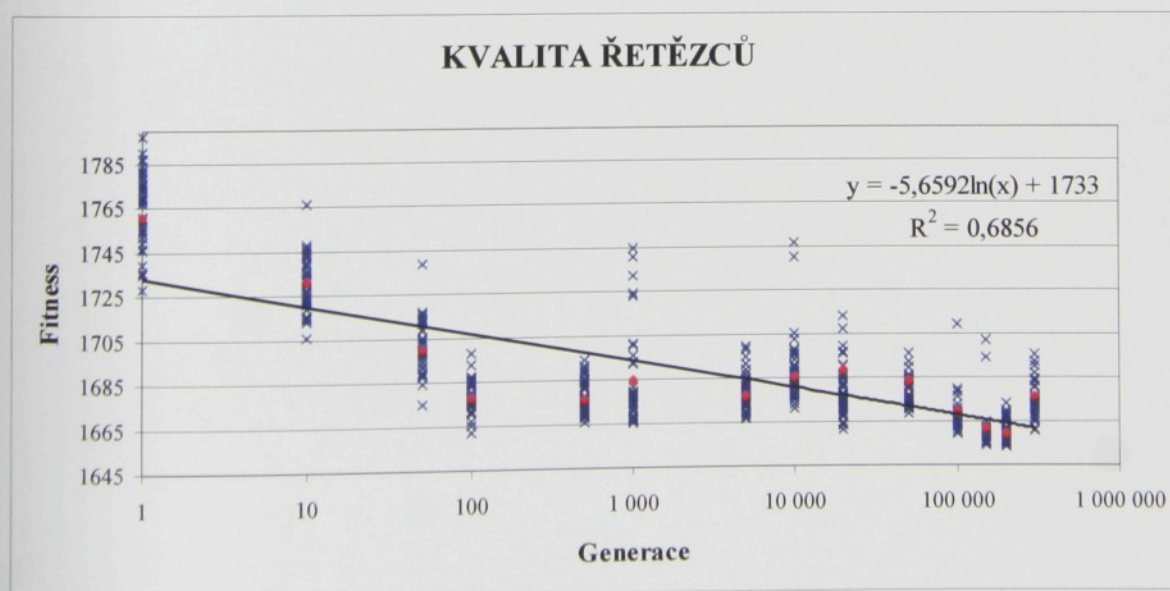
Jasně nejlepších výsledků dosahuje populace v vysokém počtem řetězců.

Speciálním případem je změna nastavení Penalizačního koeficientu. Penalizační koeficient výrazně zvyšuje možnost dosažení extrému. Změna nastavení v rádech desetin výrazně ovlivňuje míru rozlišení jednotlivých řetězců. Toto platí konkrétně pro použítá experimentální data, protože fitness jednotlivých řetězců se výrazně neliší.

Pokud bude použit soubor dat, jejichž fitness bude více rozlišena, vliv penalizačního koeficientu se bude při výpočtu prvních generací snižovat. Při dalším postupu výpočtu, však může dojít k situaci, kdy se fitness jednotlivých řetězců vyskytujících se v příslušných generacích bude přibližovat a tím také bud stoupat vliv penalizačního koeficientu jako prostředku pro škálování.

7.4.5 PRŮBĚH VÝPOČTU Z POHLEDU FITNESS JEDNOTLICÝH ŘETĚZCŮ

Průběhy řešení jednotlivých experimentů jsou uvedeny v příloze C. Na obr. 47 je uveden pro příklad jeden z grafů, který prezentuje výsledky získané v pokusu č. 34. Modré značky určují hodnotu fitness jednotlivých řetězců ve vybraných generacích. Červené značky reprezentují průměrnou hodnotu fitness v jednotlivých generacích. Tento graf je uveden pouze pro názornost vývoje hledání optima. Ne u všech pokusů je tento vývoj identický, avšak pro věrohodné statistické zpracování by bylo třeba provést více experimentálních pokusů se stejnými vstupními hodnotami nastavovaných parametrů. Toto však nebylo cílem této práce.



Obr. 47: Fitness řetězců ve vybraných generacích výpočtu pokusu č. 34

$$y = \beta_0 \cdot \ln x + \beta_1$$

β_i neznámé parametry

$$R^2 \text{ koeficient determinace } R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \hat{e}_i^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

$$\sum_{i=1}^n \hat{e}_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

y napozorovaná (empirická hodnota proměnné, která je získána jako výsledek pozorování.

\hat{y}_i odhadnutá (teoretická hodnota proměnné, která je získána jako výsledek modelování této proměnné.

e reziduum, rozdíl mezi napozorovanou a odhadnutou hodnotou.

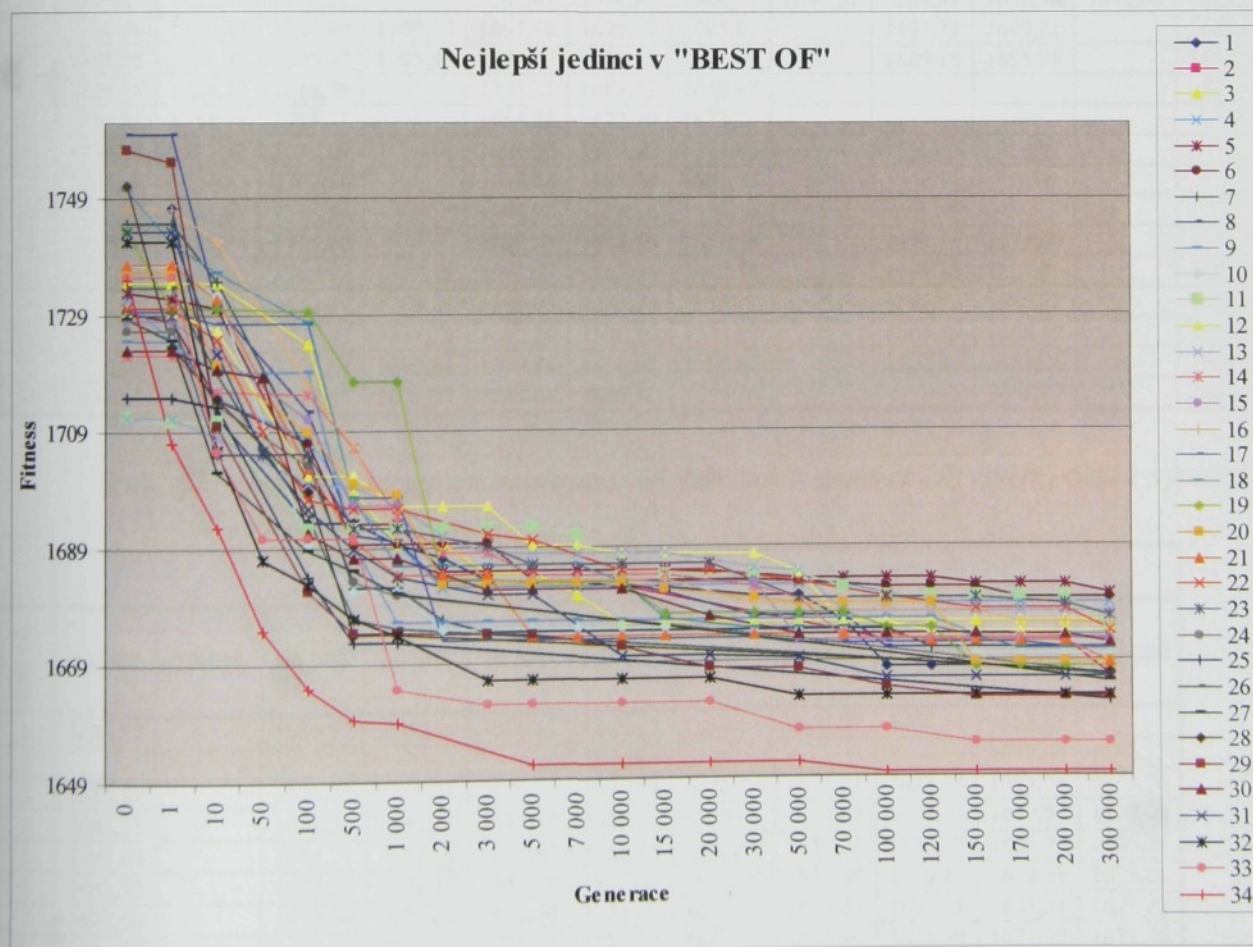
Z grafu je patrné, že dochází k průběžnému snižování fitness řetězců v generacích. Tendence snižování má logaritmický charakter, tzn. že v prvních generacích dochází ke snižování rychleji než v generacích s vyšším pořadovým číslem. U pozdějších generací také dochází k jevu „kmitání“ hodnot fitness. Toto je způsobeno aplikací operátoru mutace.

Z celkového pohledu lze konstatovat, že změny nastavení jednotlivých parametrů výpočtu odpovídají uvažovaným obecným předpokladům.

7.4.6 VÝVOJ NALÉZÁNÍ NEJLEPŠÍHO JEDINCE

Jako další možný ukazatel vývoje hledání optima může sloužit následující graf na obr. 48. Tento graf ukazuje nejlepší nalezené řešení zachycené v „Best of“ ve vybraných sledovaných generacích. V grafu jsou představeny všechny provedené experimentální pokusy výpočtu. Hodnoty na pozici generace 300 000 jsou identické s hodnotami v grafech na obr. 42 – 46 na pozici prvního řetězce (nejlepšího řešení). Graf je pro množství dat nečitelný z pohledu hledání jednotlivých hodnot fitness, k tomuto účelu lépe poslouží tab. 52, 53. Tento graf slouží spíše k celkovému porovnání vývoje postupného nalézání stále lepšího řetězce.

Souhrnný pohled na všechny pokusy naznačuje, i když s určitými odchylkami způsobenými různým nastavením parametrů výpočtu, že tendence nalézání optima je v podstatě shodná a je relativně nezávislá na změnách jednotlivých parametrů výpočtu. Graf na obr. 48 je však nutno brát pouze jako určité přiblížení postupu GA při hledání optima tohoto řešeného problému. Pro věrohodné statistické posouzení tohoto tvrzení by bylo však třeba provést větší počet pokusů, a případně výsledky pokusů porovnat v rámci skupin nastavení jednotlivých parametrů. Toto si však tato práce za cíl nekladla.



Obr. 48: Nejlepší nalezená řešení zachycená v „Best of“ ve vybraných sledovaných generacích

Tab. 52: Nejlepší jedinec zaznamenaný ve vybraných generacích všech pokusů výpočtu

| Pokus č. | GENERACE | | | | | | | | | | | |
|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 0 | 1 | 10 | 50 | 100 | 500 | 1 000 | 2 000 | 3 000 | 5 000 | 7 000 | 10 000 |
| 1 | | 1747,49 | 1711,79 | | 1693,58 | 1693,58 | 1689,84 | 1687,35 | 1683,24 | 1683,24 | 1683,09 | 1681,97 |
| 2 | | | | | | | | | | | | 1682,28 |
| 3 | 1734,54 | 1734,54 | 1734,54 | | 1724,18 | 1699,16 | 1689,76 | 1689,76 | 1684,83 | 1684,83 | 1680,62 | 1675,89 |
| 4 | 1732,05 | 1724,79 | 1715,02 | | 1708,01 | 1696,65 | 1689,72 | 1682,31 | 1682,31 | 1682,31 | 1682,31 | 1682,31 |
| 5 | 1732,93 | 1731,85 | 1730,28 | | 1700,91 | 1693,28 | 1693,28 | 1685,04 | 1685,04 | 1685,04 | 1685,04 | 1685,04 |
| 6 | 1729,54 | 1728,28 | 1714,77 | | 1707,24 | 1689,74 | 1689,74 | 1689,74 | 1689,74 | 1683,34 | 1683,34 | 1683,34 |
| 7 | 1744,94 | 1744,94 | 1734,97 | | 1705,00 | 1682,27 | 1682,27 | 1676,56 | 1674,60 | 1674,60 | 1674,60 | 1674,60 |
| 8 | 1760,25 | 1760,25 | 1730,55 | | 1712,57 | 1691,49 | 1690,36 | 1682,79 | 1682,79 | 1682,79 | 1682,79 | 1682,79 |
| 9 | 1724,67 | 1724,67 | 1719,45 | | 1719,45 | 1689,77 | 1676,43 | 1676,43 | 1676,43 | 1676,43 | 1676,43 | 1676,43 |
| 10 | 1737,50 | 1737,50 | 1732,60 | | 1689,82 | 1681,69 | 1681,69 | 1674,94 | 1674,94 | 1674,94 | 1674,94 | 1674,94 |
| 11 | 1711,77 | 1710,93 | 1710,93 | | 1692,44 | 1692,44 | 1692,44 | 1692,44 | 1692,44 | 1692,44 | 1691,24 | 1684,17 |
| 12 | 1729,86 | 1729,86 | 1726,49 | | 1701,60 | 1701,60 | 1696,12 | 1696,12 | 1696,12 | 1689,39 | 1689,39 | 1687,94 |
| 13 | 1711,49 | 1711,49 | 1708,37 | | 1700,35 | 1699,62 | 1696,64 | 1691,19 | 1687,85 | 1687,85 | 1687,85 | 1687,85 |
| 14 | 1722,30 | 1722,30 | 1716,04 | | 1715,48 | 1706,38 | 1694,60 | 1688,11 | 1688,11 | 1684,14 | 1684,14 | 1684,14 |
| 15 | 1728,19 | 1728,19 | 1722,83 | | 1711,17 | 1696,55 | 1696,55 | 1683,38 | 1683,38 | 1683,38 | 1683,38 | 1683,38 |
| 16 | 1747,20 | 1747,20 | 1741,93 | | 1717,44 | 1706,81 | 1690,45 | 1690,45 | 1683,23 | 1683,23 | 1683,23 | 1683,23 |
| 17 | 1729,83 | 1729,83 | 1727,58 | | 1727,58 | 1697,77 | 1697,77 | 1673,07 | 1673,07 | 1673,07 | 1673,07 | 1673,07 |
| 18 | 1750,67 | 1741,54 | 1736,58 | | 1727,93 | 1697,77 | 1686,05 | 1686,05 | 1686,05 | 1686,05 | 1686,05 | 1683,06 |
| 19 | 1743,86 | 1730,37 | 1730,37 | | 1729,81 | 1717,59 | 1717,59 | 1683,60 | 1683,60 | 1683,17 | 1683,17 | 1683,17 |
| 20 | 1736,75 | 1736,75 | 1720,68 | | 1709,05 | 1700,24 | 1698,26 | 1682,72 | 1682,72 | 1682,72 | 1682,72 | 1682,72 |
| 21 | 1737,87 | 1737,87 | 1732,02 | | 1702,87 | 1690,65 | 1684,39 | 1684,39 | 1684,39 | 1673,58 | 1673,58 | 1673,58 |
| 22 | 1730,40 | 1730,40 | 1724,89 | 1709,28 | 1697,66 | 1695,87 | 1695,87 | | 1691,33 | 1690,21 | | 1684,95 |
| 23 | 1728,98 | 1728,98 | 1705,32 | 1705,32 | 1705,32 | 1692,55 | 1692,55 | | 1689,18 | 1685,96 | | 1685,96 |
| 24 | 1726,18 | 1726,18 | 1713,76 | | 1703,21 | 1683,33 | 1680,87 | | | | | |
| 25 | 1714,98 | 1714,98 | 1713,37 | | 1684,21 | 1672,79 | 1672,79 | | | | | |
| 26 | 1733,72 | 1733,72 | 1719,09 | | 1694,60 | 1677,00 | 1675,43 | | | | | |
| 27 | 1728,49 | 1724,82 | 1702,26 | | 1688,84 | 1685,29 | 1681,25 | | | | | |
| 28 | 1751,28 | 1723,65 | 1714,64 | | 1698,90 | 1674,16 | 1674,16 | | | | | |
| 29 | 1757,48 | 1755,24 | 1710,30 | | 1681,79 | 1674,56 | 1674,56 | | 1674,34 | 1674,06 | | 1671,81 |
| 30 | 1723,05 | 1723,05 | 1719,92 | 1718,45 | 1691,57 | 1687,38 | 1687,38 | | 1681,85 | 1681,85 | | 1681,85 |
| 31 | 1743,35 | 1743,35 | 1722,42 | 1705,84 | 1696,08 | 1689,09 | 1684,17 | | 1680,92 | 1680,92 | | 1670,30 |
| 32 | 1741,69 | 1741,69 | 1705,89 | 1687,24 | 1682,80 | 1676,96 | 1673,88 | | 1666,19 | 1666,19 | | 1666,19 |
| 33 | 1735,80 | 1735,80 | 1705,67 | 1690,84 | 1690,84 | 1690,82 | 1664,82 | | 1662,26 | 1662,26 | | 1662,26 |
| 34 | 1735,26 | 1707,13 | 1692,85 | 1675,05 | 1665,03 | 1659,80 | 1659,26 | | | 1651,77 | | 1651,77 |

Tab. 53: Nejlepší jedinec zaznamenaný ve vybraných generacích všech pokusů výpočtu - pokračování

| Pokus č. | GENERACE | | | | | | | | | | |
|----------|----------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 15 000 | 20 000 | 30 000 | 50 000 | 70 000 | 100 000 | 120 000 | 150 000 | 170 000 | 200 000 | 300 000 |
| 1 | 1681,97 | | 1680,52 | 1680,52 | 1676,13 | 1668,17 | 1668,17 | 1668,17 | 1668,17 | 1668,17 | |
| 2 | | | | | | 1672,63 | | | | 1672,63 | 1666,57 |
| 3 | 1675,89 | | 1675,89 | 1675,89 | 1675,74 | 1675,74 | 1675,74 | 1675,74 | 1675,74 | 1675,74 | 1675,74 |
| 4 | 1682,31 | | 1682,31 | 1682,31 | 1682,31 | 1680,76 | 1679,04 | 1679,04 | 1679,04 | 1679,04 | 1679,04 |
| 5 | 1685,04 | | 1684,21 | 1683,46 | 1683,46 | 1683,46 | 1683,46 | 1682,22 | 1682,22 | 1682,22 | 1680,75 |
| 6 | 1683,18 | | 1683,18 | 1682,72 | 1682,39 | 1681,69 | 1681,69 | 1681,69 | 1679,81 | 1679,81 | 1679,81 |
| 7 | 1674,60 | | 1674,60 | 1674,60 | 1674,60 | 1674,60 | 1671,31 | 1671,31 | 1671,31 | 1671,31 | 1671,31 |
| 8 | 1681,25 | | 1676,83 | 1676,83 | 1676,83 | 1671,30 | 1671,30 | 1671,30 | 1671,30 | 1671,30 | 1671,30 |
| 9 | 1676,43 | | 1676,43 | 1676,43 | 1676,43 | 1676,43 | 1676,43 | 1673,43 | 1673,43 | 1673,43 | 1673,43 |
| 10 | 1674,94 | | 1674,69 | 1674,69 | 1674,69 | 1674,69 | 1674,08 | 1670,09 | 1670,09 | 1670,09 | 1670,09 |
| 11 | 1684,17 | | 1684,17 | 1684,17 | 1681,78 | 1680,25 | 1680,25 | 1680,25 | 1680,25 | 1680,25 | 1674,78 |

| | | | | | | | | | | | |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 12 | 1687,94 | | 1687,61 | 1684,50 | 1675,49 | 1675,49 | 1674,04 | 1674,04 | 1674,04 | 1674,04 | 1674,04 |
| 13 | 1687,85 | | 1685,19 | 1684,58 | 1677,57 | 1677,57 | 1677,57 | 1677,57 | 1677,57 | 1677,57 | 1677,57 |
| 14 | 1684,14 | | 1682,14 | 1680,00 | 1672,82 | 1672,82 | 1672,82 | 1672,82 | 1672,82 | 1672,82 | 1672,82 |
| 15 | 1682,80 | | 1682,80 | 1672,58 | 1672,58 | 1672,58 | 1672,58 | 1672,58 | 1672,58 | 1672,58 | 1672,58 |
| 16 | 1683,23 | | 1678,97 | 1678,97 | 1677,62 | 1677,62 | 1677,62 | 1675,44 | 1675,44 | 1675,44 | 1675,38 |
| 17 | 1673,07 | | 1673,07 | 1671,99 | 1671,99 | 1671,99 | 1671,99 | 1671,99 | 1671,27 | 1671,27 | 1671,27 |
| 18 | 1676,60 | | 1674,66 | 1674,66 | 1674,66 | 1674,66 | 1674,66 | 1673,09 | 1671,14 | 1671,14 | 1671,14 |
| 19 | 1677,46 | | 1677,46 | 1677,46 | 1677,46 | 1674,70 | 1674,70 | 1667,98 | 1667,98 | 1667,98 | 1667,98 |
| 20 | 1681,84 | | 1680,13 | 1678,99 | 1678,99 | 1678,99 | 1678,99 | 1668,94 | 1668,94 | 1668,94 | 1668,94 |
| 21 | 1673,58 | | 1673,58 | 1673,58 | 1673,58 | 1673,58 | 1672,22 | 1672,22 | 1672,22 | 1672,22 | 1668,65 |
| 22 | | 1684,95 | | 1682,84 | | 1680,24 | | 1678,10 | | 1678,10 | 1674,12 |
| 23 | | 1685,96 | | 1679,88 | | 1679,88 | | 1679,88 | | 1678,69 | 1676,75 |
| 24 | | | | | | | | | | | 1666,54 |
| 25 | | | | | | | | | | | 1662,21 |
| 26 | | | | | | | | | | | 1666,32 |
| 27 | | | | | | | | | | | 1665,42 |
| 28 | | | | | | | | | | | 1666,80 |
| 29 | | 1668,09 | | 1667,71 | | 1664,50 | | 1662,80 | | 1662,80 | 1662,80 |
| 30 | | 1676,97 | | 1673,78 | | 1673,78 | | 1673,78 | | 1673,55 | 1672,08 |
| 31 | | 1670,30 | | 1669,75 | | 1666,31 | | 1666,31 | | 1666,31 | 1666,31 |
| 32 | | 1666,19 | | 1662,99 | | 1662,99 | | 1662,99 | | 1662,99 | 1662,99 |
| 33 | | 1662,26 | | 1657,30 | | 1657,30 | | 1655,01 | | 1655,01 | 1655,01 |
| 34 | | 1651,77 | | 1651,77 | | 1649,82 | | 1649,82 | | 1649,82 | 1649,82 |

7.4.7 NEJLEPŠÍ NALEZENÉ ŘEŠENÍ

Tab. 54: Nejlepší tři nalezená řešení z provedených experimentálních výpočtů

| Kvalita řetězce - fitness | Sled výrobních dávek definovaný v řetězci |
|---------------------------|--|
| 1649,82 | 39;40;19;4;11;20;5;10;33;7;34;32;21;22;15;35;29;28;16;36;30;14;8;18;31;9;3;2;27;26;23;37;17;6;1;24;12;38;25;13 |
| 1649,82 | 39;40;19;4;11;20;5;10;33;7;34;32;21;22;15;35;29;28;16;36;31;14;8;18;30;9;3;2;27;37;23;26;6;24;1;38;17;13;25;12 |
| 1649,82 | 39;40;19;4;11;20;5;10;33;7;34;32;21;36;15;35;22;28;16;29;31;8;30;18;14;9;27;2;3;37;24;26;23;25;1;6;17;13;38;12 |

$$1649,82 = 27 \text{ hod } 29 \text{ min } 49,2 \text{ s}$$

Výsledky nalezené v tab. 54 byly získány v experimentálním pokusu č. 34 s následujícími vstupními parametry:

Penal. koef 1,01

Velikost populace - 50 řetězců

$p_c=0,6$

$p_m=0,001$

7.4.8 DOPORUČENÉ HODNOTY VSTUPNÍCH PARAMETRŮ GA

Na základě provedených experimentů je možné doporučit vstupní hodnoty parametrů výpočtu pomocí GA.

VELIKOST POPULACE – zde platí přímá úměr velikosti populace s pravděpodobností nalezení optima, avšak platí přímá úměra také s časovou náročností. Záleží tedy na požadavcích řešitele a na jeho časových možnostech. Průměrná doba výpočtu při velikosti populace 10 řetězců se zvýšila dvojnásobně při zvýšení velikosti populace na 50 řetězců.

PENALIZAČNÍ KOEFICIENT – tento prostředek škálování je bezesporu jedním z nejvýznamnějších faktorů ovlivňujících nalezení optima. Standardně byla pro výpočet nastavena hodnota 1,05, při které docházelo k posuzování vlivu ostatních parametrů. Snížením tohoto koeficientu došlo k nalezení výrazně většího extrému.

PRAVDĚPODOBNOST MUTACE – doporučená hodnota udávaná v literatuře je 0,1 a nižší. V experimentu byla použita hodnota až 0,001, která zajišťovala větší pravděpodobnost nalezení extrému. Toto však platí pouze pro tento konkrétní příklad, v jiných případech by mohla takto nízká prst mutace způsobit sklouznutí do lokálního extrému.

PRAVDĚPODOBNOST KŘÍŽENÍ – hodnota se pohybovala mezi 0,3 a 0,6. Jelikož se ukázalo, že operátor křížení je nezastupitelný, avšak v tomto případě jeho hodnota pravděpodobnosti nemá větší význam na pravděpodobnost nalezení optima, nebyly prováděny další experimenty s touto hodnotou.

8 ZÁVĚR

Cílem disertační práce bylo navrhnout optimalizační potup pro oděvní výrobní linku. Jako optimalizační prostředek byly využity genetické algoritmy.

Při dodržování vysoké kvality výrobků, je třeba umět rychle reagovat na požadavky trhu jak z hlediska vyráběného sortimentu, tak z hlediska rychlosti výroby. Cílem tedy bylo sestavit model výrobní linky, který respektuje současné trendy v oděvní výrobě, tzn. vysokou flexibilitu výroby a nízký objem jednotlivých zakázek. Zároveň bylo třeba zajistit univerzálnost tohoto modelu, tzn. použitelnost pro široký sortiment oděvní výroby a různou variabilitu výroby v návaznosti na pracovní předpis.

Dopravu jak mezioperační tak mezidíleuskou v tomto navrženém modelu výrobní linky zajišťuje podvěsný dopravníkový systém. Tento systém zajistí nezbytnou úsporu celkové času výroby minimalizací manipulačního času na pracovním místě.

Navržený model výrobní linky je použitelný pro jakýkoliv oděvní sortiment s postupným způsobem výroby, při němž se každý výrobek předává z předchozí na následující operaci po výrobních dávkách. Pro experimentální posouzení modelu výrobní linky byla uvažována výroba pánských kalhot v několika variantách.

Hlavním cílem optimalizace navrženého modelu výrobní linky byla navržena minimalizace prostojů jednotlivých výrobních dávek na jednotlivých pracovních místech, minimalizace rozpracované výroby a minimalizace celkové doby zpracování. Tzn. nalezení nejrychlejší cesty výrobní linkou každé výrobní dávky tak, aby celkový čas zpracování všech zadaných zakázek v určitém časovém období byl minimální.

Jako optimalizační prostředek byly použity genetické algoritmy. Genetické algoritmy patří mezi evoluční algoritmy, které jsou založeny na metafoře Darwinovy evoluční teorie o vývoji druhu a představují nový přístup k hledání optimálního (nebo suboptimálního) řešení složitých optimalizačních problémů, které nejsou řešitelné klasickými technikami založenými na technikách úplného prohledávání. GA jsou pravděpodobnostní metody přiblížení, které využívají přiblížení technického základu k ideálu podle přírodních genetických a vývojových principů. GA patří mezi základní stochastické optimalizační algoritmy s výraznými evolučními rysy.[14]

Pro navržený model oděvní výroby byl sestaven postup výpočtu pomocí GA. Problematika tvorby tohoto výpočtu spočívala ve stanovení způsobu kódování problému, v definování základního postup křížení a mutace, ve stanovení postupu výpočtu fitness (cílové funkce) a v neposlední řadě navržení způsobu selekce.

Následně byla vytvořena výpočtová aplikace uplatňující navržený postup řešení. Tato aplikace byla vytvořena v programovém prostředí software C++ na základě předem vytvořených vývojových algoritmů.

Pro vlastní experimentální ověření výpočtové aplikace byly získány výrobní časy několika typů pánských kalhot. Výsledky experimentu posloužily jako podklad pro posouzení vlivu jednotlivých parametrů GA na celkový výsledek optimalizace oděvní výrobní linky.

Práce je členěna do 3 částí. Cílem první části bylo vytvoření modelu oděvní výrobní linky pro potřeby aplikace optimalizačního procesu. Model oděvní výrobní linky byl postaven pro výrobu sortimentu pánských kalhot. Byly vybráni zástupci tohoto druhu výrobku a na základě jejich výrobních postupů byla sestavena posloupnost pracovních míst výrobní linky. Vzhledem k technologickým a technickým požadavkům na výrobu jednotlivých zástupců pánských kalhot byla vytvořena výrobní linka obsahující 61 pracovních míst. Byla definována časová náročnost zpracování jednotlivých vzorů na všech pracovních místech výrobní linky. Byla navržena velikost zakázek, která odráží současnou situaci ve výrobní praxi. Jednotlivé zakázky byly rozděleny na výrobní dávky, které svým objemem respektují výrobní takt oděvní linky. Celkem bylo navrženo 40 výrobních dávek jako zdroj dat pro experimentální výpočet ověřující správný chod výpočtového algoritmu.

Druhým krokem bylo navržení vlastního postupu optimalizace pomocí genetických algoritmů. Tento krok spočíval nejdříve ve studii základů genetických algoritmů. Na základě těchto teoretických poznatků byly definovány jednotlivé kroky optimalizace navržené oděvní výrobní linky pomocí genetických algoritmů. V první řadě byl navržen způsob kódování informací pomocí celočíselného kódování, které ponese jednotliví jedinci. Následně byl stanoven způsob zjišťování funkce vhodnosti – fitness (kvality jednotlivých řetězců, která určuje jejich další vývoj ve výpočtu). Byl stanoven způsob reprodukce řetězců generace na základě metody založené na očekávaných hodnotách (princip vážené rulety). Dále bylo nutné definovat principy aplikace genetických operátorů: mutace a křížení. Křížení jedinců v generaci probíhá s pomocí náhodně generovaných binárních řetězců. Mutace s určitou pravděpodobností definuje pozice mutace v řetězcích. Byly definovány parametry, které je možno měnit a tím ovlivňovat vlastní výpočet: pravděpodobnost mutace a pravděpodobnost křížení, délka řetězců, velikost generací (počet řetězců) a penalizační koeficient, který zajišťuje zvyšování rozmanitosti populace jedinců v určitých případech (škálování) a zajišťuje převod z výpočtu minimalizace na maximalizaci.

Třetí část představuje vlastní tvorbu výpočtu s využitím programovacího jazyka C++. Byly vytvořeny vývojové diagramy postupu tvorby jednotlivých kroků výpočtové aplikace na základě předchozí definice postupu. Výpočtová aplikace byla vytvořena s ohledem na způsob použití, tzn. že program byl vytvořen tak, aby umožňoval kompletní trasování. Obsahuje celou řadu dílčích výstupů, kde je možno sledovat transformaci řetězců v průběhu výpočtu.

Byl stanoven také způsob zadávání vstupních dat, který umožňuje načíst předem definovanou matici dat a vytvořit náhodnou první generaci jedinců nebo vložit uživatelem požadovanou generaci jedinců. Je možné po zadání vstupních dat projít aplikací vznik nové generace po dílčích krocích: reprodukce – křížení – mutace. Je také možné provádět

kompletní výpočet X generací s možností zadání libovolného X . Mimo jiné byla navržena tvorba zásobníku zachytávající nejlepší dosažené výsledky a plnící tak částečně funkci elitářství.

Na závěr byla ověřena funkčnost výpočtové aplikace pomocí experimentálních dat vytvořených v první části. Bylo provedeno několik pokusů při kterých byly měněny parametry výpočtu (pravděpodobnost mutace, pravděpodobnost křížení, penalizační koeficient a velikost populace). Na základě provedeného experimentu bylo stanoveno, že nevýznamnější vliv na dosažení optima má velikost populace, ovšem s negativním důsledkem narůstání časové náročnosti výpočtu. Velikost penalizačního koeficientu je v tomto případě také neméně důležitá, ovšem v případě řetězců s větší různorodosti hodnoty fitness se význam tohoto parametru bude ztrácet. Z genetických operátorů má větší význam mutace, která svým snižováním pravděpodobnosti výskytu v rámci definovaných mezí (0,01 – 0,001) zvyšuje možnost dosažení optima. Nejmenší vliv na dosažení extrému má pravděpodobnost výskytu genetického operátoru křížení.

Závěrem lze tedy konstatovat, že v optimalizaci oděvní výrobní linky s ohledem na minimalizaci výrobního času, v podmínkách vysoké flexibility výroby a velkého množství malých zakázek, jsou genetické algoritmy úspěšné.

Tato práce přináší novou cestu v optimalizaci oděvní výroby s použitím relativně nových a v oděvní výrobě netradičních postupů. Zároveň otevírá nové možnosti aplikace tohoto postupu pro ostatní oblasti oděvní výroby. Použitý postup optimalizace přináší zrychlení přípravy organizace výroby, zvyšuje flexibilitu organizace výroby a zajišťuje minimalizaci celkové doby zpracování, minimalizaci rozpracované výroby (tzn. minimalizaci prostojů jednotlivých výrobní dávek na pracovních místech) a tím pádem zvyšuje konkurenceschopnost výrobce.

Vlastní výpočtová aplikace je nenáročná na obsluhu a umožňuje tak použití přímo ve výrobě a tím dochází k jejímu plnému využívání. Slouží nejen k plánování výroby jako uzavřeného celku určitého počtu výrobních dávek, ale je možno ji využívat také k aktuálnímu řešení během výroby, kdy dojde ke změně výrobního plánu a je třeba nalézt nové uspořádání výroby v oděvní výrobní lince.

DOPORUČENÍ PRO DALŠÍ VÝZKUM

- Rozšíření navrženého modelu výpočtu o využití teorie schémat. Podle obecné teorie aplikace schémat v procesu výpočtu genetickými algoritmy dochází k určitému vylepšení a zvětšení pravděpodobnosti dosažení globálního extrému.
- Navržení oděvní výrobní linky pro jiné typy oděvních výrobků, jak složitější co se týká technologického zpracování, tak jednodušší, aby byla zajištěna různorodost. Ověření funkčnosti navrženého modelu výpočtu pro tyto výrobní linky. Definovat vliv změny parametrů a případně navrhnout úpravy.

9 LITERATURA

- [1] Blažek, Z. Studie možnosti využití počítačové simulace pro modernizaci úseku TPV a konfekce malé konfekční firmy. DP. TUL : 1999.
- [2] Castro, W. A. Castro R. C. Mirón, S. I. Martinez, P. U. A. Modula manufacturing: an alternative to improve the competitiveness in the clothin industry. International Journal of Clothing Science and Technology. Vol. 16 No. 3 str. 301 – 309. 2004
- [3] Dražan, F., Jeřábek, K. Manipulace s materiálem. SNTL/Alfa. Praha : 1979.
- [4] Dytrichová, S. Studie využití dopravníkových systémů v podmínkách malých závodů. DP. TUL Liberec : 1999
- [5] Fozzard, G. Spragg, J. Tyler, D. Simulation of flow lines in clothing manufacture, Part 1: model construction, International Journal of Clothing Science and Technology. 4/1996.
- [6] Fozzard, G., Spragg, J. Tyler, D. Simulation of flow lines in clothing manufacture, Part 2: credibility issues and experimentation. International Journal of Clothing Science and Technology. 5/1996.
- [7] Gen, M., Cheng R. Genetic algoritms &Engineering design. Wiley Interscience. USA. 1997. ISBN 0-471-12741-8.
- [8] Goldberg, David E. Genetic algorithms in search, optimization, and macine learning. Addison-Wesley, USA, 2004. ISBN 0-201-15767-5.
- [9] http://alife.fei.tuke.sk/projekty/gen_alg/index.html
- [10] <http://cs.felk.cvut.cz/~xobitko/ga/>, Genetic Algorithms
- [11] <http://e-profess.cz/AIM/read/skeptik/default.htm>
- [12] <http://ifo.webpark.cz/>
- [13] <http://ivopeterka.mysteria.cz/index2.php?actpage=3>
- [14] <http://math.chtf.stuba.sk/evol/prednaska.htm>
- [15] http://system.ccb.cz/site/prehledy_systemu/aps_scm/7humusoft.htm
- [16] <http://www.fs.vsb.cz/akce/1998/asr98/Sbornik/dvorak/dvorak.htm>
- [17] <http://www.r3.cz/aps.htm>
- [18] http://www.scienceworld.cz/sw.nsf/page/_030310CB866C38B2C1256CB1004C0E97
- [19] http://www.systemonline.cz/site/trendy/syst2_2.htm
- [20] http://www.systemonline.cz/site/trendy/syst2_2.htm
- [21] Hui Ch. L. Patrick, Chan. C. K., Yeung. K.W. Modelling job complexity in garment manufacture by inductive learning. International Journal of Clothing Science and Technology. Vol. 19 No. 1 str. 34 – 44. 1997.
- [22] Hui Ch. L. Patrick, Ng S.F.F. A study of the effect of time variations for assembly line balancing in the clothing industry. International Journal of Clothing Science and Technology. Vol. 11 No. 4 str. 181 – 188. 1999.
- [23] Chang, C. K., Roger Ng. Computer simulation at work, Aplication in clothing production. Textil Asia. 12/1995.

- [24] Keith, C. C. Chan, P. D.L. Hui, Yeung, K.W., Frency, S.F. Ng. Handling the assembly line balancing problem in clothing industry using a genetic algorithm. *International Journal of Clothing Science and Technology*. 10/1998.
- [25] Man, K. F. – Tang, K. S. – Kwong, S.: *Genetic Algorithms*. Springer 1999.
- [26] Matoušek, R. Aplikace GA v prostředí Matlab,
<http://phobos.vscht.cz/matlab00/matousra.pdf>
- [27] Mitchel, M. *An introduction to genetic algorithms*. The MIT Press. USA. 1998. ISBN 0-262-13316-4.
- [28] Neuschl, Š. a kol. *Modelovanie a simulácia*. Alfa. Bratislava : 1988.
- [29] Poživil, J., Dánský, M. Rozvrhování dávkových výrob jako součást integrovaných řídicích systémů. *Automatizace* roč. 46, 2003: str. 250 – 253.
- [30] Propagační materiály firmy ETON prezentované na odborných seminářích.
- [31] Sekaj, I. Riešenie problémov pomocou genetických algoritmov. *Automatizace* 9/2004. str. 552 – 555.
- [32] Virius, M.: *C++ Builder verze 5.0*, Grada Publishing, 2000.
- [33] Wong. W.K., Chan, C. K. Ip W.H. A hybrid flow shop scheduling model for apparel manufacture. *International Journal of Clothing Science and Technology*. Vol. 13 No. 2 str. 115 – 131. 2001.

10 PŘÍLOHY

- A. Výpočtové algoritmy – Genal2; Montec
- B. Pracovní postupy jednotlivých typů oděvů; Experimentální data
- C. Výsledky experimentálních výpočtů

PŘÍLOHA A

VÝPOČTOVÉ ALGORITMY

Rozsah příloh:

Počet stran: 98

Počet obrázků: 75

Počet tabulek: 10

PŘÍLOHA A

VÝPOČTOVÉ ALGORITMY

Genal2_Unit1.cpp

GENAL2

Genal2 slouží pro výpočet minimalizace celkové časové náročnosti výroby na oděvní montážní lince.

```
//-----
#include <vcl.h>
#pragma hdrstop

#include "Genal2_Unit1.h"
#include "VstupDat.h"
//-----
#pragma package(smart_init)
#pragma resource "*.dfm"
TFormMain *FormMain;
//-----
__fastcall TFormMain::TFormMain(TComponent* Owner)
    : TForm(Owner)
{
}
//-----
void __fastcall TFormMain::FormCreate(TObject *Sender)
{
    Inicializace();
}
//-----
void TFormMain::Inicializace()
{
    int i, j;
    Imax = 100;
    Jmax = 100;
    N = 0;

    randomize();

    for(i=0;i<=Imax;i++)
    {
        Fitness[i] = 0;
        for(j=0;j<=Jmax;j++)
        {
            Cas[i][j] = 0;
            Retezec[i][j] = 0;
            RetezecPom[i][j] = 0;
            Fit[i][j] = 0;
        }
    }

    for(i=0;i<=9;i++)
    {
        for(j=0;j<=Jmax;j++)
        {
            BestOf[i][j] = 0;
        }
    }

    // Zapornou Fitness do nejlepsich vysledku
    for(i=0;i<=9;i++)
        BestOfFitness[i] = -1;
}
```

Genal2_Unit1.cpp

```

// Vycistit Mema
LaGenerace->Caption = "0";
MeGeneraceN->Clear();
MeFitness->Clear();
MePrst->Clear();
MeReprodukovane->Clear();
MeBin->Clear();
MeBestOf->Clear();
MeKrizene->Clear();
MeMistaMutaci->Clear();
MeMutovane->Clear();
}
//-----
void __fastcall TFormMain::BuVstupClick(TObject *Sender)
{
FormVstupDat->Show();
}
//-----
void TFormMain::NactiData()
{
AnsiString RadekString, CasString, RetezecString;
int Pozice, Delka, i, j;

//Nacteni vstupnich dat z FormulareVstupDat
Jmax = FormVstupDat->EdJmax->Text.ToInt();
Imax = FormVstupDat->EdImax->Text.ToInt();

// Nacteni casovych narocnosti do pole Cas[][]
for(i=1;i<=Imax;i++)
{
RadekString = FormVstupDat->MeCas->Lines->Strings[i-1];
RadekString = RadekString + ";";
for(int j=1;j<=Jmax;j++)
{
Delka = RadekString.Length();
Pozice = RadekString.Pos(";");
CasString = RadekString.SubString(1,Pozice-1);
Cas[i][j] = CasString.ToDouble();
RadekString = RadekString.SubString(Pozice+1,Delka-Pozice+1);
}
}

// Nacteni retezcu do pole Retezec[][]
PocetRetezcu = FormVstupDat->EdPocetRetezcu->Text.ToInt();
for(i=1;i<=PocetRetezcu;i++)
{
RadekString = FormVstupDat->MeRetezec->Lines->Strings[i-1];
RadekString = RadekString + ";";
for(int j=1;j<=Jmax;j++)
{
Delka = RadekString.Length();
Pozice = RadekString.Pos(";");
RetezecString = RadekString.SubString(1,Pozice-1);
Retezec[i][j] = RetezecString.ToInt();
RadekString = RadekString.SubString(Pozice+1,Delka-Pozice+1);
}
}

// Vypis generace
MeGeneraceN->Clear();

```

Genal2_Unit1.cpp

```

LaGenerace->Caption = AnsiString(N);
for(i=1;i<=PocetRetezcu;i++)
{
  RadekString = "";
  for(j=1;j<=Jmax;j++)
  {
    RadekString = RadekString + AnsiString(Retezec[i][j]) + ";";
  }
  MeGeneraceN->Lines->Append(RadekString);
}
}
//-----
void __fastcall TFormMain::BuReprodukceClick(TObject *Sender)
{
  Reprodukce();
}
//-----
void TFormMain::Reprodukce()
{
  // REPRODUKCE:
  // SPOCITAT FITNESS
  // URCIT SUMY PRAVDEPODOBNOСТИ - VAZENA RULETA
  // Vylosovat postupující retezce

  int i, j, k, CisloVyrobku;
  double Prst[101];
  double FitnessMax, PrstSuma, PenalKoeff, Los;
  AnsiString RadekString;

  // SPOCITAT FITNESS[k] - poradi vyrobku v Retezec[i][j]
  MeFitness->Clear();
  for(k=1;k<=PocetRetezcu;k++)
  {
    // Vypocet Fit[i][j] dilcich casu pro k-ty vektor
    for(i=1;i<=Imax;i++)
    {
      for(j=1;j<=Jmax;j++)
      {
        //Fit se pocita pro pozici [i][j]
        //Ale cas na J-ty vyrobek dle vektoru poradi
        CisloVyrobku = Retezec[k][j];
        if(Fit[i][j-1] > Fit[i-1][j])
          Fit[i][j] = Fit[i][j-1] + Cas[i][CisloVyrobku];
        else
          Fit[i][j] = Fit[i-1][j] + Cas[i][CisloVyrobku];
      }
    }
    Fitness[k] = Fit[Imax][Jmax];
    MeFitness->Lines->Append(AnsiString(Fitness[k]));
  } // next k

  // URCIT SUMY PRAVDEPODOBNOСТИ - VAZENA RULETA
  // najit nejdelsi cas
  FitnessMax = Fitness[1];
  for(k=2;k<=PocetRetezcu;k++)
  {
    if(Fitness[k] > FitnessMax)
      FitnessMax = Fitness[k];
  }
}

```

Genal2_Unit1.cpp

```

// prepocet Fitness na Sumy Pravdepodobnosti
Series1->Clear();
PrstSuma = 0;
PenalKoeff = EdPenalKoeff->Text.ToDouble();
for(k=1;k<=PocetRetezcu;k++)
{
    Prst[k] = FitnessMax * PenalKoeff - Fitness[k];
    PrstSuma = PrstSuma + Prst[k];
}
Prst[0] = 0;
for(k=1;k<=PocetRetezcu;k++)
{
    Prst[k] = Prst[k] / PrstSuma;
    //do grafu
    Series1->AddPie(Prst[k], AnsiString(k), clRed);
    Prst[k] = Prst[k] + Prst[k-1];
}

// vypis pravdepodobnosti
MePrst->Clear();
for(k=1;k<=PocetRetezcu;k++)
{
    MePrst->Lines->Append(AnsiString(Prst[k]));
}

// PocetRetezcu * losovat postupujici retezce
for(k=1;k<=PocetRetezcu;k++)
{
    Los = random(1001)/1000.0;
    // k losu priradit radek
    i = 1;
    while(Prst[i] <= Los)
        i++;
    // byl vylosovan i-ty radek
    // eliminovat chybu zaokrouhleni
    // Los = 1, Prst[PocetRetezcu] = 0.9999999999
    if(i > PocetRetezcu)
        i = PocetRetezcu;
    for(j=1;j<=Jmax;j++)
    {
        RetezecPom[k][j] = Retezec[i][j];
    }
}

// z pomocneho pole zpet do pole Retezec[][]
// vypsati vylosovane retezce
MeReprodukovane->Clear();
for(i=1;i<=PocetRetezcu;i++)
{
    RadekString = "";
    for(j=1;j<=Jmax;j++)
    {
        Retezec[i][j] = RetezecPom[i][j];
        RadekString = RadekString + AnsiString(Retezec[i][j]) + ",";
    }
    MeReprodukovane->Lines->Append(RadekString);
}
}
//-----

```

Genal2_Unit1.cpp

```

void __fastcall TFormMain::BuKrizeniClick(TObject *Sender)
{
    Krizeni();
}
//-----
void TFormMain::Krizeni()
{
    // KRIZENI SADY RETEZCU
    // ROZHODNOUT DLE Prsti ZDA KRIZIT CI NE
    // POKUD KRIZIT - VOLAT KrizDva(i) TAM ZKRIZENI DVOJICE
        // VYGENEROVAT Bin RETEZEC A DLE NEJ OBSADIT PRVNI POZICE Deti
        // SESTAVIT BinZbyle[] PRO Dite1
        // DOKOMPLETOVANI Dite1 DLE BinZbyle[]
        // SESTAVIT BinZbyle[] PRO Dite2
        // DOKOMPLETOVANI Dite2 DLE BinZbyle[]
    // POKUD NEKRIZIT
        // VYPSAN NULOVY Bin[]
        // DO RetezecPom i-ty a i+1 RETEZEC OPSAT BEZ ZMENY
    // RetezecPom[][] do Retezec[][] a vypsati
    int i, j;
    AnsiString RadekString;
    double PrstKrizeni;

    PrstKrizeni = EdPrstKrizeni->Text.ToDouble();
    MeBin->Clear();

    for(i=1;i<=PocetRetezcu;i=i+2)
    {
        if((PrstKrizeni * 1000) >= random(1001))
        {
            // Zkrizit dva retezce
            KrizDva(i);
        }
        else
        {
            // Retezce nekrizit
            MeBin->Lines->Append("nekríženo");
            for(j=1;j<=Jmax;j++)
            {
                RetezecPom[i][j] = Retezec[i][j];
                RetezecPom[i+1][j] = Retezec[i+1][j];
            }
        }
    }

    //next i - dalsi par retezcu

    // RetezecPom[][] do Retezec[][] a vypsati
    MeKrizene->Clear();
    for(i=1;i<=PocetRetezcu;i++)
    {
        RadekString = "";
        for(j=1;j<=Jmax;j++)
        {
            Retezec[i][j] = RetezecPom[i][j];
            RadekString = RadekString + AnsiString(Retezec[i][j]) + ",";
        }
        MeKrizene->Lines->Append(RadekString);
    }
}
//-----

```

Genal2_Unit1.cpp

```

void TFormMain::KrizDva(int i)
{
// Volano z Krizeni()
// Pokud se vylosuje, ze se dvojice retezcu ma zkrizit

// VYGENEROVAT Bin RETEZEC A DLE NEJ OBSADIT PRVNI POZICE Deti
// SESTAVIT BinZbyte[] PRO Dite1
// DOKOMPLETOVANI Dite1 DLE BinZbyte[]
// SESTAVIT BinZbyte[] PRO Dite2
// DOKOMPLETOVANI Dite2 DLE BinZbyte[]
int j, k;
int Bin[101], BinZbyte[101];
AnsiString RadekString;

// Binarni retezec + jeho vypis
RadekString = "";
for(j=1;j<=Jmax;j++)
{
    Bin[j] = random(2);
    RadekString = RadekString + AnsiString(Bin[j]) + ",";
}
MeBin->Lines->Append(RadekString);

// Obsadit pozice potomku v RetezecPom[][] dle Bin[]
// Ostatni pozice RetezecPom[][] vynulovat
for(j=1;j<=Jmax;j++)
{
    if(Bin[j] == 1)
    {
        RetezecPom[i][j] = Retezec[i][j];
        RetezecPom[i+1][j] = 0;
    }
    else
    {
        RetezecPom[i][j] = 0;
        RetezecPom[i+1][j] = Retezec[i+1][j];
    }
} //next j - obsazovani RetezecPom[][] dle Bin[]

// SESTAVIT BinZbyte[] PRO Dite1
for(j=1;j<=Jmax;j++)
    BinZbyte[j] = 0;
for(k=1;k<=Jmax;k++)
{
    if(Bin[k] == 0)
    {
        for(j=1;j<=Jmax;j++)
        {
            if(Retezec[i][k] == Retezec[i+1][j])
                BinZbyte[j] = 1;
        } // next j
    } // konec podminky
} // next k

// DOKOMPLETOVANI Dite1 DLE BinZbyte[]
for(k=1;k<=Jmax;k++)
{
    if(BinZbyte[k] == 1)
    {
        j = 1;
    }
}

```

Genal2_Unit1.cpp

```

    while(RetezecPom[i][j] != 0)
        j++;
    RetezecPom[i][j] = Retezec[i+1][k];
}
} // next k

// SESTAVIT BinZbyte[] PRO Dite2
for(j=1;j<=Jmax;j++)
    BinZbyte[j] = 0;
for(k=1;k<=Jmax;k++)
{
    if(Bin[k] == 1)
    {
        for(j=1;j<=Jmax;j++)
        {
            if(Retezec[i+1][k] == Retezec[i][j])
                BinZbyte[j] = 1;
        } // next j
    } // konec podmínky
} // next k

// DOKOMPLETOVANI Dite2 DLE BinZbyte[]
for(k=1;k<=Jmax;k++)
{
    if(BinZbyte[k] == 1)
    {
        j = 1;
        while(RetezecPom[i+1][j] != 0)
            j++;
        RetezecPom[i+1][j] = Retezec[i][k];
    }
} // next k

}
//-----

void __fastcall TFormMain::BuMutaceClick(TObject *Sender)
{
    Mutace();
}
//-----
void TFormMain::Mutace()
{
    // MUTACE S DANOU PRAVDEPODOBNOSTI
    // VYLOSOVAT, ZDA NA MISTE DOJDE K MUTACI A S JAKYM SLOUPCEM
    int i, j, Sloupec, Pom;
    AnsiString RadekString;
    double PrstMutace;

    MeMistaMutaci->Clear();
    PrstMutace = EdPrstMutace->Text.ToDouble();
    for(i=1;i<=PocetRetezcu;i++)
    {
        RadekString = "";
        for(j=1;j<=Jmax;j++)
        {
            // s danou pravdepodobnosti na miste Retezec[i][j]
            // provest prohozeni s nahodnym sloupcem
            if((PrstMutace*1000) > random(1001))
            {

```

Genal2_Unit1.cpp

```

// ANO - provest mutaci
Sloupec = 1 + random(Jmax);
RadekString = RadekString + AnsiString(j) + "-"
    + AnsiString(Sloupec) + ";";
Pom = Retezec[i][j];
Retezec[i][j] = Retezec[i][Sloupec];
Retezec[i][Sloupec] = Pom;
}

}
MeMistaMutaci->Lines->Append(RadekString);
}

//vypsat Retezec[][]
MeMutovane->Clear();
for(i=1;i<=PocetRetezcu;i++)
{
    RadekString = "";
    for(j=1;j<=Jmax;j++)
    {
        RadekString = RadekString + AnsiString(Retezec[i][j]) + ";";
    }
    MeMutovane->Lines->Append(RadekString);
}
}
//-----
void TFormMain::VystupNaVstup()
{
    // Priprava na dalsi generaci
    int i,j;
    AnsiString RadekString;

    MeGeneraceN->Clear();
    MeFitness->Clear();
    MePrst->Clear();
    Series1->Clear();
    MeReprodukovane->Clear();
    MeBin->Clear();
    MeKrizene->Clear();
    MeMistaMutaci->Clear();
    MeMutovane->Clear();

    N = N + 1;
    LaGenerace->Caption = AnsiString(N);

    //vypsat Retezec[][] do MeGeneraceN
    MeGeneraceN->Clear();
    for(i=1;i<=PocetRetezcu;i++)
    {
        RadekString = "";
        for(j=1;j<=Jmax;j++)
        {
            RadekString = RadekString + AnsiString(Retezec[i][j]) + ";";
        }
        MeGeneraceN->Lines->Append(RadekString);
    }
}
//-----
void __fastcall TFormMain::BuVystupNaVstupClick(TObject *Sender)
{

```


Genal2_Unit1.cpp

```

VystupNaVstup();
}
//-----

void __fastcall TFormMain::BuGeneraceClick(TObject *Sender)
{
// Vypocitat jednu generaci
Generace();
}
//-----

void TFormMain::Generace()
{
// Vypocitat jednu generaci
int i,j;
AnsiString RadekString;

// Vycistit obrazovku
MeFitness->Clear();
MePrst->Clear();
Series1->Clear();
MeReprodukovane->Clear();
MeBin->Clear();
MeKrizene->Clear();
MeMistaMutaci->Clear();
MeMutovane->Clear();

// Vlastni vypocty
Reprodukce();
Krizeni();
Mutace();
ChytBest();

// Zvednout cislo generace
N = N + 1;
LaGenerace->Caption = AnsiString(N);

// pro N >= 1 do MeGeneraceN, co se vlastne ted zpracovava
if(N > 1)
{
//vypsati Retezec[][] do MeGeneraceN
MeGeneraceN->Clear();
for(i=1;i<=PocetRetezcu;i++)
{
RadekString = "";
for(j=1;j<=Jmax;j++)
{
RadekString = RadekString + AnsiString(Retezec[i][j]) + ",";
}
MeGeneraceN->Lines->Append(RadekString);
}
}
Application->ProcessMessages();
}
//-----

void __fastcall TFormMain::BuXgeneraciClick(TObject *Sender)
{
int X, i;

```

Genal2_Unit1.cpp

```

X = EdXGeneraci->Text.ToInt();
for(i=1;i<=X;i++)
{
    Generace();
    Application->ProcessMessages();
}
}
//-----

void __fastcall TFormMain::BuBestOfClick(TObject *Sender)
{
    // BestOf - chytit nejlepší výsledky do bufferu
    ChytBest();
}
//-----

void TFormMain::ChytBest()
{
    // BestOf - chytit nejlepší výsledky do bufferu
    // SPOCITAT Fitness[]
    // LEPSI NEZ NEJHORSI Z BestOf NEBO BestOf NENAPLNENE?
    // NAJIT MISTO, KAM ZARADIT

    int i, j, k, m, CisloVyrobku, Shoda;
    AnsiString RadekString;

    // SPOCITAT FITNESS[k] - poradi vyrobku v Retezec[i][j]
    // (zkopirovano z reprodukce)
    for(k=1;k<=PocetRetezcu;k++)
    {
        // Vypocet Fit[i][j] dilcich casu pro k-ty vektor
        for(i=1;i<=Imax;i++)
        {
            for(j=1;j<=Jmax;j++)
            {
                //Fit se pocita pro pozici [i][j]
                //Ale cas na J-ty vyrobek dle vektoru poradi
                CisloVyrobku = Retezec[k][j];
                if(Fit[i][j-1] > Fit[i-1][j])
                    Fit[i][j] = Fit[i][j-1] + Cas[i][CisloVyrobku];
                else
                    Fit[i][j] = Fit[i-1][j] + Cas[i][CisloVyrobku];
            }
        }
        Fitness[k] = Fit[Imax][Jmax];
    } // next k

    // Zaslouzi si k-ty retezec zaradit do BestOf ?
    // Ma lepsi Fitness nez posledni z BestOf
    // nebo BestOf neni naplnene (BestOf[9][0] == -1)
    for(k=1;k<=PocetRetezcu;k++)
    {
        if((Fitness[k] < BestOfFitness[9]) || (BestOfFitness[9] == -1))
        {
            // Ano zapsat pokud je novy
            // Najit pozici k vlozeni
            // - nad horsi
            i = 9;
            while((Fitness[k] < BestOfFitness[i] || BestOfFitness[i] == -1) & (i >= 0))
                i--;
        }
    }
}

```

Genal2_Unit1.cpp

```

// Najit pozici k vlozeni
// - Porovnat s retezci se stejnou Fitness, nove reseni?
while((Fitness[k] == BestOfFitness[i]) & (i >= 0))
{
    // Shodny retezec s jiz zapsanym ?
    Shoda = 0;
    for(j=1;j<=Jmax;j++)
    {
        if(Retezec[k][j] == BestOf[i][j])
            Shoda++;
    }
    if(Shoda == Jmax)
        return; // Shoda ve vseh prvcich, nezapisovat
    i--;
}

// posunout radky od i+1 dolu (zacit odspodu)
for(m=8; m>=i+1; m--)
{
    BestOfFitness[m+1] = BestOfFitness[m];
    for(j=0;j<=Jmax;j++)
        BestOf[m+1][j] = BestOf[m][j];
}

// vlozit na i+1 pozici
//ShowMessage("Vložit na řádek i+1 = " + AnsiString(i+1));
BestOfFitness[i+1] = Fitness[k];
for(j=1;j<=Jmax;j++)
    BestOf[i+1][j] = Retezec[k][j];

// pomocny vypis Vypsat BestOf[][] do MeBestOf
MeBestOf->Clear();
for(i=0;i<=9;i++)
{
    RadekString = AnsiString(BestOfFitness[i]) + ",";
    for(j=1;j<=Jmax;j++)
    {
        RadekString = RadekString + AnsiString(BestOf[i][j]) + ",";
    }
    MeBestOf->Lines->Append(RadekString);
}

}
} // next k - zkusit dalsi retezec

// Vypsat BestOf[][] do MeBestOf
MeBestOf->Clear();
for(i=0;i<=9;i++)
{
    RadekString = AnsiString(BestOfFitness[i]) + ",";
    for(j=1;j<=Jmax;j++)
    {
        RadekString = RadekString + AnsiString(BestOf[i][j]) + ",";
    }
    MeBestOf->Lines->Append(RadekString);
}
}
}
//-----

```

Genal2_Unit1.cpp

```
void __fastcall TFormMain::BitBtnClearClick(TObject *Sender)
{
    Inicializace();
    //FormVstupDat->MeCas->Clear();
    FormVstupDat->MeRetezec->Clear();
}
//-----
```

VstupDat.cpp

VSTUP DAT

Tento algoritmus slouží pro zajištění vstupních dat do vlastního výpočtu Genal2.

```
//-----
#include <vcl.h>
#include <math.h>
#pragma hdrstop

#include "VstupDat.h"
#include "Genal2_Unit1.h"
//-----
#pragma package(smart_init)
#pragma resource "*.dfm"
TFormVstupDat *FormVstupDat;
//-----
__fastcall TFormVstupDat::TFormVstupDat(TComponent* Owner)
: TForm(Owner)
{
}
//-----
void __fastcall TFormVstupDat::BitBtn1Click(TObject *Sender)
{
//Kontrola sudeho poctu retezcu
double PocetRetezcu = EdPocetRetezcu->Text.ToInt();
if((PocetRetezcu / 2.0) != floor(PocetRetezcu / 2))
  ShowMessage("Kvůli křížení preferován sudý počet řetězců.");

else
  {
  //Nacist data do promennych a zavrit
  FormMain->NactiData();
  FormVstupDat->Close();
  }
}
//-----
void __fastcall TFormVstupDat::BuClearCasClick(TObject *Sender)
{
EdImax->Text = "";
EdJmax->Text = "";
MeCas->Clear();
}
//-----
void __fastcall TFormVstupDat::BuLoadCasClick(TObject *Sender)
{
// Nacteni externich dat: Cas[[]], Imax, Jmax
AnsiString RadekString;
int Pozice, Delka, Pocet;

if(OpenDialog1->Execute())
  {
  MeCas->Clear();
  MeCas->Lines->LoadFromFile(OpenDialog1->FileName);
  EdImax->Text = AnsiString(MeCas->Lines->Count);

  // Pocet stredniku v 1. radku
  RadekString = MeCas->Lines->Strings[0];
  Delka = RadekString.Length();
  Pocet = 0;
  if(RadekString[Delka] != ';')
```

VstupDat.cpp

```

{
    RadekString = RadekString + ",";
    Delka++;
}
while (Delka > 1)
{
    Pozice = RadekString.Pos(",");
    Pocet++;
    RadekString = RadekString.SubString(Pozice+1, Delka-Pozice+1);
    Delka = RadekString.Length();
}
EdJmax->Text = AnsiString(Pocet);
}
}
//-----
void __fastcall TFormVstupDat::BuClearRetezceClick(TObject *Sender)
{
    //EdPocetRetezcu->Text = "";
    MeRetezec->Clear();
}
//-----
void __fastcall TFormVstupDat::BuLoadRetezceClick(TObject *Sender)
{
    if(OpenDialog1->Execute())
    {
        MeRetezec->Clear();
        MeRetezec->Lines->LoadFromFile(OpenDialog1->FileName);
        EdPocetRetezcu->Text = AnsiString(MeRetezec->Lines->Count);
    }
}
//-----
void __fastcall TFormVstupDat::BuNahodneRetezceClick(TObject *Sender)
{
    int n, PocetRetezcu;

    if(EdPocetRetezcu->Text == "")
    {
        ShowMessage("Nebyl zadán počet řetězců.");
        EdPocetRetezcu->Text = "10";
    }
    PocetRetezcu = EdPocetRetezcu->Text.ToInt();
    MeRetezec->Clear();

    for(n=1;n<=PocetRetezcu;n++)
    {
        NahodnyRetezec();
    }
}
//-----
void TFormVstupDat::NahodnyRetezec()
{
    // Generuj a do MeRetezec pripis nahodny Retezec[1..Jmax]
    int Jmax = EdJmax->Text.ToInt();
    int NahodnyRetezec[101];
    int Pom, Pozice1, Pozice2;
    int i, j;
    AnsiString RadekString;

    for(j=1;j<=Jmax;j++)
    {

```

VstupDat.cpp

```
// "Serazeny" vektor
NahodnyRetezec[j] = j;
}

// Jmax * Zamichat = vylosovat 2 pozice a ty prohodit
for(j=1;j<=Jmax;j++)
{
    Pozice1 = random(Jmax) + 1;
    Pozice2 = random(Jmax) + 1;
    Pom = NahodnyRetezec[Pozice1];
    NahodnyRetezec[Pozice1] = NahodnyRetezec[Pozice2];
    NahodnyRetezec[Pozice2] = Pom;
}

// Vystup do MeRetezec
RadekString = "";
for(j=1;j<=Jmax;j++)
{
    RadekString = RadekString + AnsiString(NahodnyRetezec[j]) + ";";
}
MeRetezec->Lines->Append(RadekString);
}
//-----
```

MONTEC

Montec slouží pro ověření správnosti výpočtu pomocí Genal2. Pracuje na principu náhodného výběru z možných řešení.

```
//-----  
#include <vcl.h>  
#pragma hdrstop  
  
#include "Montec_Unit1.h"  
#include "Detail_Unit1.h"  
//-----  
#pragma package(smart_init)  
#pragma resource "*.dfm"  
TFormMain *FormMain;  
//-----  
__fastcall TFormMain::TFormMain(TComponent* Owner)  
: TForm(Owner)  
{  
}  
//-----  
void __fastcall TFormMain::FormCreate(TObject *Sender)  
{  
// INICIALIZACE  
Clear();  
}  
//-----  
void TFormMain::Clear()  
{  
int i, j;  
  
randomize();  
// Vymazat vsechna pole a promenne  
EdImax->Text = "";  
EdJmax->Text = "";  
MeCas->Clear();  
  
EdPokusu->Text = "1";  
EdNahodnePoradi->Text = "";  
LaPokusCislo->Caption = "0";  
  
EdFitness->Text = "";  
MeBestOf->Clear();  
  
Imax = 0;  
Jmax = 0;  
PokusCislo = 0;  
for(j=0; j<=100; j++)  
Retezec[j] = 0;  
  
for(i=0; i<=100; i++)  
{  
for(j=0; j<=100; j++)  
{  
Cas[i][j] = 0;  
Fit[i][j] = 0;  
}  
}}
```


Montec_Unit1.cpp

```

for(i=0; i<=9; i++)
{
    for(j=0; j<=101; j++)
    {
        BestOf[i][j] = 0;
        if(j==0)
            BestOf[i][j] = -1;
    }
}
}
//-----

void __fastcall TFormMain::BitBtn2Click(TObject *Sender)
{
    EdImax->Text = "";
    EdJmax->Text = "";
    MeCas->Clear();
}
//-----

void __fastcall TFormMain::BitBtn3Click(TObject *Sender)
{
    if(OpenDialog1->Execute())
    {
        AnsiString RadekString;
        int Delka, Pocet, Pozice;

        // Načíst data
        MeCas->Clear();
        MeCas->Lines->LoadFromFile(OpenDialog1->FileName);

        // Urcit pocet radku (pracovnich pozic)
        Imax = MeCas->Lines->Count;
        EdImax->Text = AnsiString(Imax);

        // Urcit pocet sloupcu (vyrobnich davek) = pocet stredniku v 1. radku
        // pokud strednik na konci radku chybi, doplnit
        RadekString = MeCas->Lines->Strings[0];
        Delka = RadekString.Length();
        Pocet = 0;
        if(RadekString[Delka] != ';')
        {
            RadekString = RadekString + ";";
            Delka++;
        }

        while (Delka > 1)
        {
            Pozice = RadekString.Pos(";");
            Pocet++;
            RadekString = RadekString.SubString(Pozice+1, Delka-Pozice+1);
            Delka = RadekString.Length();
        }
        Jmax = Pocet;
        EdJmax->Text = AnsiString(Jmax);
    }
}
//-----

```

```

void __fastcall TFormMain::BitBtnGoClick(TObject *Sender)
{
int i, N;

// N nahodnych pokusu
NactiData();
N = EdPokusu->Text.ToInt();
for(i=1; i<=N; i++)
{
PokusCislo++;
LaPokusCislo->Caption = AnsiString(PokusCislo);
NahodnePoradi();
SpoctiFitness();
ChytBest();
}
}
//-----
void TFormMain::NactiData()
{
AnsiString RadekString, CasString;
int i, j, Delka, Pozice;

//Nacteni vstupnich dat z FormulareVstupDat
Jmax = EdJmax->Text.ToInt();
Imax = EdImax->Text.ToInt();

// Nacteni casovych narocnosti do pole Cas[][]
for(i=1; i<=Imax; i++)
{
RadekString = MeCas->Lines->Strings[i-1];
RadekString = RadekString + ";";
for(int j=1; j<=Jmax; j++)
{
Delka = RadekString.Length();
Pozice = RadekString.Pos(";");
CasString = RadekString.SubString(1, Pozice-1);
Cas[i][j] = CasString.ToDouble();
RadekString = RadekString.SubString(Pozice+1, Delka-Pozice+1);
}
}
}
//-----
void TFormMain::NahodnePoradi()
{
int j, Pozice1, Pozice2, Pom;
AnsiString RadekString;

// serazena posloupnost
for(j=1; j<=Jmax; j++)
{
Retezec[j] = j;
}

// prehzet posloupnost Jmax-krat vymenit dvojici
for(j=1; j<=Jmax; j++)
{
Pozice1 = random(Jmax) + 1;
Pozice2 = random(Jmax) + 1;
}
}

```

Montec_Unit1.cpp

```

Pom = Retezec[Pozice1];
Retezec[Pozice1] = Retezec[Pozice2];
Retezec[Pozice2] = Pom;
}

// vypis nahodneho poradi
RadekString = "";
for(j=1; j<=Jmax; j++)
{
    RadekString = RadekString + AnsiString(Retezec[j]) + ",";
}
EdNahodnePoradi->Text = RadekString;
Application->ProcessMessages();
}
//-----

void __fastcall TFormMain::BitBtn5Click(TObject *Sender)
{
    Clear();
}
//-----

void TFormMain::SpoctiFitness()
{
    int i, j, CisloVyrobku;

    // SPOCITAT FITNESS pri pruchodu Imax pracovisti
    // poradi vyrobku v Retezec[j]

    EdFitness->Text = "";
    Fitness = 0;
    for(i=1; i<=Imax; i++)
    {
        for(j=1; j<=Jmax; j++)
        {
            //Fit se pocita pro pozici [i][j]
            //Ale cas na J-ty vyrobek dle vektoru poradi
            CisloVyrobku = Retezec[j];
            if(Fit[i][j-1] > Fit[i-1][j])
                Fit[i][j] = Fit[i][j-1] + Cas[i][CisloVyrobku];
            else
                Fit[i][j] = Fit[i-1][j] + Cas[i][CisloVyrobku];
        } // next j
    } // next i
    Fitness = Fit[Imax][Jmax];
    EdFitness->Text = AnsiString(Fitness);
}
//-----

void TFormMain::ChytBest()
{
    AnsiString RadekString;
    int i, j, m, n, Shoda;

    // BestOf - CHYTIT NEJLEPSI VYSLEDKY DO BUFFERU
    // LEPSI NEZ NEJHORSI Z BestOf NEBO BestOf NENAPLNENE?
    // NAJIT MISTO, KAM ZARADIT

```

Montec_Unit1.cpp

```

// Zaslouzi si k-ty retezec zaradit do BestOf ?
// Ma lepsi Fitness nez posledni z BestOf
// nebo BestOf neni naplnene (BestOf[9][0] == -1)
if((Fitness < BestOf[9][0]) || (BestOf[9][0] == -1))
{
    // Ano zapsat pokud je novy
    // Najit pozici k vlozeni - nad horsi
    i = 9;
    while((Fitness < BestOf[i][0] || BestOf[i][0] == -1) & (i >= 0))
        i--;

    // Najit pozici k vlozeni
    // - Porovnat s retezci se stejnou Fitness, nove reseni?
    while((Fitness == BestOf[i][0]) & (i >= 0))
    {
        // Shodny retezec s jiz zapsanym ?
        Shoda = 0;
        for(j=1; j<=Jmax; j++)
        {
            if(Retezec[j] == BestOf[i][j])
                Shoda++;
        }
        if(Shoda == Jmax)
            return; // Shoda ve vseh prvcich, nezapisovat
        i--; // O radek v BestOf vyse
    }

    // posunout radky od i+1 dolu (zacit odspodu)
    for(m=8; m>=i+1; m--)
    {
        for(j=0; j<=Jmax+1; j++)
            BestOf[m+1][j] = BestOf[m][j];
    }

    // vlozit na i+1 pozici
    // ShowMessage("Vložit na řádek i+1 = " + AnsiString(i+1));
    BestOf[i+1][0] = Fitness;
    for(j=1; j<=Jmax; j++)
        BestOf[i+1][j] = Retezec[j];
    // pripsat cislo pokusu
    BestOf[i+1][Jmax+1] = PokusCislo;

    // Vypis BestOf
    MeBestOf->Clear();
    for(i=0; i<=9; i++)
    {
        RadekString = "";
        for(j=0; j<=Jmax+1; j++)
        {
            RadekString = RadekString + AnsiString(BestOf[i][j]) + ",";
        }
        MeBestOf->Lines->Append(RadekString);
    }
}
//-----

```

Montec_Unit1.cpp

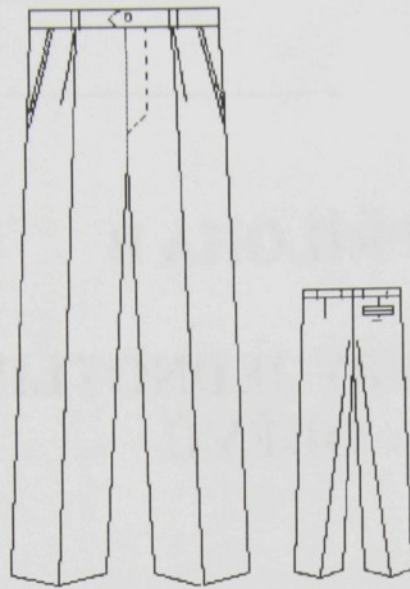
```
void __fastcall TFormMain::BitBtnDetailClick(TObject *Sender)
{
    FormDetail->MeDetail->Clear();
    FormDetail->MeDetail->Lines = MeBestOf->Lines;
    FormDetail->ShowModal();
}
//-----
```

PŘÍLOHA B

VÝROBNÍ POSTUPY JEDNOTLIVÝCH TYPŮ ODĚVŮ

EXPERIMENTÁLNÍ DATA

VÝROBNÍ POSTUP PÁNSKÝCH KALHOT Č.1



Obr. 1: Technický náčrt pánských kalhot – vzor č.1

Tab. 1: Výrobní postup pánských kalhot – vzor č.1

| Prac. místo | Pozice | Číslo a název operace | Stroj | N _ε | R | |
|-------------|--------|--|--|----------------|------|------|
| 1. | 1. | 1. Příprava dílů. | pracovní stůl | 1,68 | 1 | |
| | | 2. Třídění dle barev. | ruční práce | 0,13 | | |
| | | | | | 1,81 | |
| | 2. | 3. | Dekatování podšívkového pasového límce | žehlicí stůl | 0,33 | 1 |
| | | 4. | Dekatování podšívky PD. | žehlicí stůl | 0,13 | |
| 5. | | Zažehlení přehybu kalhot se současným přežehlením záhybu, do délky cca 30cm. | žehlicí stůl | 0,44 | | |
| | | | | 0,90 | | |
| 2. | 3. | Podlepit nákrýtovou a podkrytovou podsádku podkrytového rozparku pro zdrhovadlo lepicou výstužnou vložkou. | žehlicí lis | 0,21 | 1 | |
| | | | | | | 0,21 |
| 4. | 4. | 8. Podlepit pasové límce, prodloužené pas. límce. | poloautomat | 1,03 | 1 | |
| | | | | | | 1,03 |
| 3. | 5. | 10. Začistit obnitkováním PD kalhot, boční, krokový a přední (pánvový) okraj s přiložením podšívky. | třínitý obnitkovací stroj | 1,96 | 1 | |
| | | | | | | 1,96 |
| | 6. | 36. Odšít 2x1 odševek. | poloautomat | 0,46 | | 1 |
| | | | | 0,46 | | |
| 4. | 7. | Podlepit výpustkovou podsádku zadní dvojvýpustkové kapsy lepicou výstužnou vložkou. | žehlicí lis | 0,15 | 1 | |
| | | | | | | 0,15 |
| | 8. | 9. | Podlepit otvory boč. klín. kapes lepicou výstuž. vložkou. | žehlicí stůl | 0,48 | 1 |
| | | 37. | Přežehlit 2 odševky, podlepit otvor zadní dvojvýpustkové kapsy ZD lepicou výstužnou vložkou. | žehlicí stůl | 0,56 | |
| | | | | 1,04 | | |
| 5. | 9. | 11. Začistit obnitkováním ZD kalhot, boční krokový a sedový okraj.. | třínitý obnitkovací stroj | 1,01 | 1 | |
| | | 12. Začistit obnitkováním okraje podkrytové podsádky podkrytového rozparku zdrhovadla.. | třínitý obnitkovací stroj | 0,11 | | |
| | | 13. Začistit obnitkováním okraje výpustkové podsádky zadní dvojvýpustkové kapsy. | třínitý obnitkovací stroj | 0,11 | | |
| | | 14. Spojit obnitkování nastříhané části poutek. | třínitý obnitkovací stroj | 0,16 | | |

| | | | | | |
|-----|-----|---|---|--------------|---|
| 5A. | 10. | 11A. Začistit obnitkováním 2x1 dílek bočních kapes ze dvou stran | třínitý obnitkovací stroj | 1,39 | 1 |
| | | 11B. Začistit obnitkováním 2x1 dílek bočních kapes po jedné straně | třínitý obnitkovací stroj | 0,00 | |
| | | 11C. Začistit obnitkováním 2x1 podsádku pro svislé kapsy / ze dvou stran | třínitý obnitkovací stroj | 0,00 | |
| 6. | 11. | 15. Přesít prodloužení pasového límce dle šablony, přistříhnout záložku. | poloautomat | 0,00 0,25 | 1 |
| | | 12. Našit podšívkový pasový límec na látkový klikatým stehem, šít v řetězci a pas. límce z řetězce oddělit a svázat. | jednoehlový šicí stroj | 1,04 | |
| 7. | 13. | 32. Našit zdrhovadlo a podkryt na PD, nastříhnout PD v ukončení potratového rozparku. | jednoehlový šicí stroj | 1,04 0,80 | 1 |
| | | 33. Našit zdrhovadlo na nákrýtovou podsádku podrytového rozparku. | jednoehlový šicí stroj | 0,33 | |
| | | 17. Přistříhnout látkový pasový límec po délce. | nůžky | 0,36 1,49 | |
| 8. | 14. | 34. Našit nákrýtovou podsádku s nadšitým zdrhovadlem na PD. | poloautomat | 0,65 0,65 | 1 |
| | | 15. Předšit zadní dvoj výpustkovou kapsu pomocí výpustkové podsádky, s podložení podklad. podsádky a kapes. váčku. | poloautomat | 0,70 0,70 | |
| | 16. | 38A. Přišit 1 podkladovou podsádku na kapsovinu 1 kapsy. Rozešit 1 lištovou kapsu. Více o přiložení 1 kapesního váčku s podkladovou podsádkou – nebo patky P k rozešití kapes. | poloautomat | 0,00 0,00 | 1 |
| | | 17. | 21. Ušít šest poutek s vložením výztuže zapošivacím švem. | poloautomat | |
| 9. | 18. | 19. Našit etiketu zákazníka na podšívkový pasový límec ze dvou stran. | jednoehlový šicí stroj | 0,35 | 1 |
| | | 20. Našit symbol na podšívkový pasový límec.. | jednoehlový šicí stroj | 0,26 | |
| | | 30. Předšit kraje sedového podkladu. | jednoehlový šicí stroj | 0,23 | |
| | | 35. Navléct běžec zdrhovadla na nákrýtovou stranu rozparku. | ruční práce | 0,16 1,00 | |
| 10. | 19. | 24. Našit 2 podkladové podsádky na podkladové kapsové váčky bočních klínových kapes s podehnutím dolní záložky. | jednoehlový šicí stroj | 0,62 | 1 |
| | | 24A. Přišit 2 podkladové podsádky na kapsovinu 2 dvouvýpustkových kapes. | speciální stroj | 0,00 | |
| | | 24B. Naznačit umístění 2 dvouvýpustkových kapes na 2 díly 2 přímky a 2x2 značky. | ruční práce | 0,00 | |
| | | 24C. Odlepení 2 listků. | ruční práce | 0,05 | |
| | | 25. Prohloubit nástřih dolního rožku klínové kapsy. Přiložit tvarovou část kapesního váčku klínové kapsy na PD podle nástřihů označujících průhyb klínové kapsy, nadehnout přinechanou podsádku, předšit průhyb podle vodiče. | jednoehlový šicí stroj | 1,15 1,82 | |
| | 20. | 25A. Rozešit 2 dvouvýpustkové kapsy | speciální stroj | 0,00 0,00 | 1 |
| | | 21. | 28. Zažehlit tvarovanou kapsu do výpustku. | žehlicí stůl | |
| 22. | 22. | 26. Našit zadní kraj přinechané průhybové podsádky klínové kapsy na tvarovou část kapesního váčku. | jednoehlový šicí stroj | 0,62 | 1 |
| | | 27. Podložit průhyb klínové kapsy podkladovou podsádkou podle orientačních nástřihů a připevnit rožek otvoru přešitím. | jednoehlový šicí stroj | 0,39 | |
| | | 27A. Dokončit 2 výpustkové kapsy předšité na spec. stroji s prostřížením podsádky, s odšitím rožků a přišitím podsádky pod kapsou | jednoehlový šicí stroj | 0,00 1,01 | |
| 11. | 23. | 18. Zažehlit část pasového límce do průhybu s vytvořením výpustky z látkového pasového límce. | žehlicí stůl | 0,44 | 1 |

Výrobní postup pánských kalhot č. 1

| | | | | | |
|------|-----|--|---------------------------------|------|---|
| | | 22. Přežehlit poutka. | žehličí stůl | 0,20 | |
| | | 28. Přežehlit klínová kapsy. | žehličí stůl | 0,35 | |
| | | 39. Vtáhnout váček zadní dvojjvýpustkové kapsy do rubní strany a vyžehlit výpustky. | žehličí stůl | 0,49 | |
| | | | | 1,48 | |
| 11A. | 24. | 28A. Složit kapesní váčky a přišít podsádku pod kapsovou na kapsovinu u rubu – 2 kapsy. | jednojechlový šicí stroj | 0,00 | 1 |
| | | 28B. Více o přišití dolního okraje podsádek u svislých kapes – otočit v rožku. | jednojechlový šicí stroj | 0,00 | |
| | | 28C. Odlepení 2 lístků. | ruční práce | 0,00 | |
| | | | | 0,00 | |
| 12. | 25. | 23. Nastříhat 6 poutek s doměřením. | nůžky | 0,40 | |
| | | 29. Sešít a začistit kapsové váčky bočních klínových kapes obnitkováním. | pětinitý obnitkovací stroj | 0,42 | |
| | | 42. Sešít a začistit okraje kapsového váčku zadní dvojjvýpustkové kapsy. | pětinitý obnitkovací stroj | 0,39 | |
| | | | | 1,21 | |
| 13. | 26. | 40. Odšít rožky a našít výpustkovou podsádku a podkladovou podsádku na váček zadní dvojjvýpustkové kapsy.. | jednojechlový šicí stroj | 0,75 | 1 |
| | | 40A. Dokončit 1 lištovou kapsu rozešitou na automatě. Odšít rožky a našít podsádku a podkladovou podsádku na váček zadní kapsy. | jednojechlový šicí stroj | 0,00 | |
| | | | | 0,75 | |
| | 27. | 41. Zhotovit uzávěry v rožkách zadní dvojjvýpustkové kapsy. | uzávěrkovací stroj | 0,36 | 1 |
| | | | | 0,36 | |
| | 28. | 31. Vyvrátit sedový podklad na lící stranu, upravit a vyžehlit sedový podklad. | žehličí stůl | 0,38 | 1 |
| | | | | 0,38 | |
| 14. | 29. | 43. Sešít boční švy kalhot řetízkovým stehem. | řetízkový šicí stroj | 1,56 | 1 |
| | | | | 1,56 | |
| | 30. | 44. Přichytit váčky bočních klínových kapes se současným prošitím záhybu a váčku zadní dvojjvýpustkové kapsy se současným přichycením šesti poutek a rozložením boč. švů | jednojechlový šicí stroj | 1,28 | 1 |
| | | | | 1,28 | |
| 15. | 31. | 45. Všíť pasový líme. | jednojechlový šicí stroj | 1,52 | 1 |
| | | | | 1,52 | |
| | 32. | 46. Přežehlit šev pasového límce, zažehlit výpustku. | žehličí stůl | 1,11 | 1 |
| | | | | 1,11 | |
| 16. | 33. | 47. Olemovat nákrýt také přes pasový límece, přistříhnout lemovku. | lemovací stroj | 0,43 | 1 |
| | | | | 0,43 | |
| | 34. | 48. Předšít podkryt se současným předšitím předního kraje pravého pasového límce, vyvrátit na lící stranu, vymnout, upravit a přistříhnout. | jednojechlový šicí stroj | 0,79 | 1 |
| | | | | 0,79 | |
| 17. | 35. | 49. Došít prodloužený pasový límece. | jednojechlový šicí stroj | 0,28 | 1 |
| | | 50. Přichytit nákrýtovou podsádku na podšívkový pasový límece. | jednojechlový šicí stroj | 0,24 | |
| | | 51. Vyvrátit prodloužený pasový límece na lící stranu pomocí obraceče, vymnout. | ruční práce | 0,33 | |
| | | 55. Ozdobně prošít nákrýt do tvaru. | jednojechlový šicí stroj | 0,63 | |
| | | | | 1,48 | |
| 18. | 36. | 52. Zažehlit nákrýt a prodloužený pasový límece podle šablony a přežehlit prodloužený pasový límece z lící strany. | žehličí stůl | 0,81 | 1 |
| | | 56. Vyžehlit podkryt. | žehličí stůl | 0,40 | |
| | | | | 1,21 | |
| 19. | 37. | 57. Sešít krokové švy řetízkovým stehem. | řetízkový šicí stroj | 1,23 | 1 |
| | | | | 1,23 | |
| 20. | 38. | 58. Rozžehlit boční a krokové švy, vyvrátit kalhoty na lící stranu. | ramenový žehličí stůl | 1,45 | 1 |
| | | | | 1,45 | |
| 21. | 39. | 53. Upevnit hák na prodloužená pasový límece. | stroj na připevnění háku a očka | 0,35 | 1 |
| | | 54. Upevnit očko. | stroj na připevnění háku a očka | 0,18 | |

| | | | | | |
|-----|-----|--|--|----------------------|----|
| | | | | 0,53 | |
| | 40. | 59. Navléct běžec zdrhovadla na podkrytovou stranu podkrytového rozparku. 60. Spojit zdrhovadlo koncovou uzávěrkou. | ruční práce stroj na připevnění koncové uzávěrky zdrhovadla | 0,16 0,25 | 1 |
| | 41. | 64. Ozdobně prošívat šev podkrytu. | jednohavlý šicí stroj | 0,39 | 1 |
| 22. | 42. | 61. Montáž kalhot v sedě se srovnáním a doměřením po rozparek, sešít od rozparku v jednom sledu s urovnáním pasového límce, sešít také přes pasový límec. | řetízkový šicí stroj | 1,26 | 1 |
| 23. | 43. | 62. Rozžehlit sedovou záložku. | žehlicí stůl | 0,43 | 1 |
| | 44. | 63. Našít krytou část podšívkového pasového límce na horní kraj kalhot zapošivacím stehem. | zapošivací stroj | 0,95 | 1 |
| 24. | 45. | 65. Našít sedový podklad na podsádku podkrytu a přistříhnout. | jednohavlý šicí stroj | 0,36 | 1 |
| | 46. | 68. Zhotovit 12 uzávěrek na poutka. | uzávěrkovací šicí stroj | 1,75 | 1 |
| | 47. | 66. Zhotovit uzávěrku z vnitřku rozparku. 69. Zhotovit uzávěrku do rozparku – přichytit podkryt a lištu. 67. Zhotovit 4 uzávěrky na boční klínové kapsy. 67A. Uzašít 2x1 uzávěrku u bočních kapes z rubu na boční šev k bočním kapsám z líce. | uzávěrkovací šicí stroj uzávěrkovací šicí stroj uzávěrkovací šicí stroj | 0,31 0,16 0,45 | 1 |
| 25. | 48. | 70. Zhotovit 2 bodové uzávěrky na váček bočních klínových kapes a šev z rubní strany. 71. Zhotovit 3 bodové uzávěrky na sedový podklad. 72. Zhotovit 9 bodových uzávěrek na pasový límec. | bodový uzávěrkovací šicí stroj bodový uzávěrkovací šicí stroj bodový uzávěrkovací šicí stroj | 0,28 0,42 1,08 | 1 |
| | 49. | 73. Naznačit a vyšít jednu díрку na prodloužený pasový límec. 74. Naznačit a vyšít jednu díрку na zadní kapsu. | dírkovací šicí stroj dírkovací šicí stroj | 0,31 0,31 | 1 |
| 26. | 50. | 75. Očistit od konců nití a křídly, zabarvit dírky, uzávěrky. | pracovní stůl | 1,30 | 2x |
| | 51. | 75. Očistit od konců nití a křídly, zabarvit dírky, uzávěrky. | pracovní stůl | 1,30 | 1 |
| 27. | 52. | 77. Vyžehlit spodní část kalhot. | karuselový žehlicí stroj | 1,10 | 1 |
| 28. | 53. | 78. Vyžehlit vrchní část nohavic s podložením šablony pod kapsy. | žehlicí lis | 1,53 | 2x |
| | 54. | 78. Vyžehlit vrchní část nohavic s podložením šablony pod kapsy. | žehlicí lis | 1,53 | 1 |
| 29. | 55. | 80. Naznačit a přišívat jeden knoflík na prodloužený pasový límec. 81. Naznačit a přišívat jeden knoflík na zadní kapsu. | knoflíkovací šicí stroj knoflíkovací šicí stroj | 0,21 0,21 | 1 |
| | 56. | 82. Doměřit a začistit ozoubkovaním dolní kraj kalhot. 85. Vyčistit kalhoty kartáčováním. | speciální stroj ruční práce | 0,42 0,49 | 1 |
| 30. | 57. | 79. Dožehlování. | žehlicí stůl | 1,12 | 2x |
| | 58. | 79. Dožehlování. | žehlicí stůl | 1,12 | 1 |
| 31. | 59. | 83. Výstupní technická kontrola. | pracovní stůl | 1,04 | 2x |
| | | | | 1,04 | 1 |

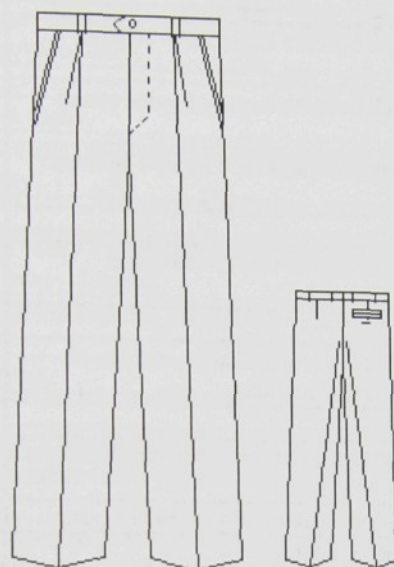
Výrobní postup pánských kalhot č.1

| | | | | |
|-----|---|---------------|------|---|
| 60. | 83. Výstupní technická kontrola. | pracovní stůl | 1,04 | |
| | | | 1,04 | |
| 61. | 84. Odststříhnout a vložit chránidlo do kapsy. | ruční práce | 0,18 | 1 |
| | 86. Vložit kousek textilie do kapsy. | ruční práce | 0,07 | |
| | 87. Převěsit kalhoty na ramínko. | ruční práce | 0,24 | |
| | 88. Přichytit kalhoty na ramínko. | ruční práce | 0,20 | |
| | 89. Visačka – knížečka na nit s plombou, pověsit na poutko. | ruční práce | 0,45 | |
| | 90. Zavěsit logo na ramínko. | ruční práce | 0,10 | |
| | 91. Navléct sáček na výrobek a pověsit na pojízdný stojan. | ruční práce | 0,38 | |
| | | | 1,62 | |

Nčnormočas

Rpočet pracovníků

VÝROBNÍ POSTUP PÁNSKÝCH KALHOT Č.2



Obr. 2: Technický náčrt pánských kalhot – vzor č.2

Tab. 2: Výrobní postup pánských kalhot – vzor č.2

| Prac. místo | Pozice | Číslo a název operace | Stroj | N _ε | R |
|--|--------|---|---------------------------|----------------|---|
| 1. | 1. | 1. Příprava dílů. | pracovní stůl | 1,68 | 1 |
| | | 2. Třídění dle barev. | ruční práce | 0,13 | |
| | ----- | | | 1,81 | |
| | 2. | 3. Dekatování podšívkového pasového límce | žehlicí stůl | 0,33 | |
| | | 4. Dekatování podšívky PD. | žehlicí stůl | 0,13 | |
| 5. Zažehlení přehybu kalhot se současným přezhlením záhybu, do délky cca 30cm. | | žehlicí stůl | 0,44 | | |
| ----- | | | 0,90 | | |
| 2. | 3. | 6. Podlepit nákrýtovou a podkrýtovou podsádku podkrýtového rozparku pro zdrhovadlo lepidivou výstužnou vložkou. | žehlicí lis | 0,21 | 1 |
| | | ----- | | 0,21 | |
| | 4. | 8. Podlepit pasové límce, prodloužené pas. límce. | žehlicí lis - poloautomat | 1,03 | 1 |
| ----- | | | 1,03 | | |
| 3. | 5. | 10. Začistit obnitkováním PD kalhot, boční, krokový a přední (pánvový) okraj s přiložením podšívky. | třínitý obnitkovací stroj | 1,96 | 1 |
| | | ----- | | 1,96 | |
| | 6. | 36. Odšít 2x1 odševek. | poloautomat | 0,46 | 1 |
| ----- | | | 0,46 | | |
| 4. | 7. | 7. Podlepit výpustkovou podsádku zadní dvojjvýpustkové kapsy lepidivou výstužnou vložkou. | žehlicí lis | 0,15 | 1 |
| | | ----- | | 0,15 | |
| | 8. | 9. Podlepit otvory bočních klínových kapes lepidivou výstužnou vložkou. | žehlicí stůl | 0,48 | 1 |
| | | 37. Přezehlit 2 odševky, podlepit otvor zadní dvojjvýpustkové kapsy ZD lepidivou výstužnou vložkou. | žehlicí stůl | 0,56 | |
| | | ----- | | 1,04 | |
| 5. | 9. | 11. Začistit obnitkováním ZD kalhot, boční krokový a sedový okraj.. | třínitý obnitkovací stroj | 1,01 | 1 |
| | | 12. Začistit obnitkováním okraje podkrýtové podsádky podkrýtového rozparku zdrhovadla.. | třínitý obnitkovací stroj | 0,11 | |

Výrobní postup pánských kalhot č.2

| | | | | | |
|-----|-----|---|---------------------------|------|---|
| | | 13. Začistit obnitkováním okraje výpustkové podsádky zadní dvojevýpustkové kapsy. | třinitý obnitkovací stroj | 0,11 | |
| | | 14. Spojit obnitkování nastříhané části poutek. | třinitý obnitkovací stroj | 0,16 | |
| | | | | 1,39 | |
| 5A. | 10. | 11A. Začistit obnitkováním 2x1 dílek bočních kapes ze dvou stran | třinitý obnitkovací stroj | 0,00 | 1 |
| | | 11B. Začistit obnitkováním 2x1 dílek bočních kapes po jedné straně | třinitý obnitkovací stroj | 0,00 | |
| | | 11C. Začistit obnitkováním 2x1 podsádku pro svislé kapsy / ze dvou stran | třinitý obnitkovací stroj | 0,00 | |
| | | | | 0,00 | |
| 6. | 11. | 15. Přešit prodloužení pasového límce dle šablony, přistříhnout záložku. | poloautomat | 0,25 | 1 |
| | | | | 0,25 | |
| | 12. | 16. Našit podšívkový pasový límec na látkový klikatým stehem, šít v řetězci a pas. límce z řetězce oddělit a svázat. | jednoehlový šicí stroj | 1,04 | 1 |
| | | | | 1,04 | |
| 7. | 13. | 32. Našit zdrhovadlo a podkryt na PD, nastříhnout PD v ukončení potratového rozparku. | jednoehlový šicí stroj | 0,80 | 1 |
| | | 33. Našit zdrhovadlo na nákrýtovou podsádku podrytového rozparku. | jednoehlový šicí stroj | 0,33 | |
| | | 17. Přistříhnout látkový pasový límec po délce. | nůžky | 0,36 | |
| | | | | 1,49 | |
| 8. | 14. | 34. Našit nákrýtovou podsádku s nadšitým zdrhovadlem na PD. | poloautomat | 0,65 | 1 |
| | | | | 0,65 | |
| | 15. | 38. Předšit zadní dvoj výpustkovou kapsu pomocí výpustkové podsádky, s podložním podklad. podsádky a kapes. váčku. | poloautomat | 0,70 | 1 |
| | | | | 0,70 | |
| | 16. | 38A. Přišit 1 podkladovou podsádku na kapsovinu 1 kapsy. Rozešit 1 lištovou kapsu. Více o přiložení 1 kapesního váčku s podkladovou podsádkou – nebo patky P k rozešití kapes. | poloautomat | 0,00 | 1 |
| | | | | 0,00 | |
| 9. | 17. | 21. Ušít 8 poutek s vložním výztuže zapošivacím švem. | poloautomat | 0,40 | 1 |
| | | | | 0,40 | |
| | 18. | 19. Našit etiketu zákazníka na podšívkový pasový límec ze dvou stran.. | jednoehlový šicí stroj | 0,35 | 1 |
| | | 20. Našit symbol na podšívkový pasový límec.. | jednoehlový šicí stroj | 0,26 | |
| | | 30. Předšit kraje sedového podkladu. | jednoehlový šicí stroj | 0,23 | |
| | | 35. Navléct běžec zdrhovadla na nákrýtovou stranu rozparku. | ruční práce | 0,16 | |
| | | | | 1,00 | |
| 10. | 19. | 24. Našit 2 podkladové podsádky na podkladové kapsové váčky bočních klínových kapes s podehnutím dolní záložky. | jednoehlový šicí stroj | 0,62 | 1 |
| | | 24A. Přišit 2 podkladové podsádky na kapsovinu 2 dvouvýpustkových kapes. | jednohlavý šicí stroj | 0,00 | |
| | | 24B. Naznačit umístění 2 dvouvýpustkových kapes na 2 díly 2 přímky a 2x2 značky. | ruční práce | 0,00 | |
| | | 24C. Odlepení 2 lístků. | ruční práce | 0,05 | |
| | | 25. Prohloubit nástřih dolního rožku klínové kapsy. Přiložit tvarovou část kapesního váčku klínové kapsy na PD podle nástřihů označujících průhyb klínové kapsy, nadehnout přinechanou podsádku, předšit průhyb podle vodiče. | jednoehlový šicí stroj | 1,15 | |
| | | | | 1,82 | |
| | 20. | 25A. Rozešit 2 dvouvýpustkové kapsy | poloautomat | 0,00 | 1 |
| | | | | 0,00 | |
| | 21. | 28. Zažehlit tvarovanou kapsu do výpustku. | žehlicí stůl | 0,00 | 1 |
| | | | | 0,00 | |
| | 22. | 26. Našit zadní kraj přinechané průhybové podsádky klínové kapsy na tvarovou část kapesního váčku. | jednoehlový šicí stroj | 0,62 | 1 |
| | | 27. Podložit průhyb klínové kapsy podkladovou podsádkou podle orientačních nástřihů a připevnit rožek otvoru přešitím. | jednoehlový šicí stroj | 0,39 | |

Výrobní postup pánských kalhot č.2

| | | | | | |
|------|-----|--|-----------------------------|------|---|
| | | 27A. Dokončit 2 výpustkové kapsy předšité na spec. stroji s prostrižením podsádky, s odšitím rožků a přišitím podsádky pod kapsou | jednoehlový šicí stroj | 0,00 | |
| | | | | 1,01 | |
| 11. | 23. | 18. Zažehlit část pasového límce do průhybu s vytvořením výpustky z látkového pasového límce. | žehlicí stůl | 0,44 | 1 |
| | | 22. Přežehlit poutka. | žehlicí stůl | 0,27 | |
| | | 28. Přežehlit klínová kapsy. | žehlicí stůl | 0,35 | |
| | | 39. Vtáhnout váček zadní dvojpustkové kapsy do rubní strany a vyžehlit výpustky. | žehlicí stůl | 0,49 | |
| | | | | 1,55 | |
| 11A. | 24. | 28A. Složit kapesní váčky a přišit podsádku pod kapsovou na kapsovinu u rubu – 2 kapsy. | jednoehlový šicí stroj | 0,00 | 1 |
| | | 28B. Více o přišití dolního okraje podsádek u vislých kapes – otočit v rožku . | jednoehlový šicí stroj | 0,00 | |
| | | 28C. Odlepení 2 lístků. | ruční práce | 0,00 | |
| | | | | 0,00 | |
| 12. | 25. | 23. Nastříhat 8 poutek s doměřením. | nůžky | 0,53 | |
| | | 29. Sešít a začistit kapsové váčky bočních klínových kapes obnitkováním. | pětinitný obnitkovací stroj | 0,42 | |
| | | 42. Sešít a začistit okraje kapsového váčku zadní dvojpustkové kapsy. | pětinitný obnitkovací stroj | 0,39 | |
| | | | | 1,34 | |
| 13. | 26. | 40. Odšít rožky a našít výpustkovou podsádku a podkladovou podsádku na váček zadní dvojpustkové kapsy.. | jednoehlový šicí stroj | 0,75 | 1 |
| | | 40A. Dokončit 1 lištovou kapsu rozešitou na automatě. Odšít rožky a našít podsádku a podkladovou podsádku na váček zadní kapsy. | jednoehlový šicí stroj | 0,00 | |
| | | | | 0,75 | |
| | 27. | 41. Zhotovit uzávěry v rožkách zadní dvojpustkové kapsy. | uzávěrkovací stroj | 0,36 | 1 |
| | | | | 0,36 | |
| | 28. | 31. Vyvrátit sedový podklad na lícni stranu, upravit a vyžehlit sedový podklad. | žehlicí stůl | 0,38 | 1 |
| | | | | 0,38 | |
| 14. | 29. | 43. Sešít boční švy kalhot řetízkovým stehem. | řetízkový šicí stroj | 1,56 | 1 |
| | | | | 1,56 | |
| | 30. | 44. Přichytit váčky bočních klínových kapes se současným prošitím záhybu a váčku zadní dvojpustkové kapsy se současným přichycením 8 poutek a rozložením bočních švů | jednoehlový šicí stroj | 1,28 | 1 |
| | | | | 1,28 | |
| 15. | 31. | 45. Všít pasový límec. | jednoehlový šicí stroj | 1,52 | 1 |
| | | | | 1,52 | |
| | 32. | 46. Přežehlit šev pasového límce, zažehlit výpustku. | žehlicí stůl | 1,11 | 1 |
| | | | | 1,11 | |
| 16. | 33. | 47. Olemovat nákrýť také přes pasový límec, přistříhnout lemovku. | lemovací stroj | 0,43 | 1 |
| | | | | 0,43 | |
| | 34. | 48. Předšít podkryt se současným předšitím předního kraje pravého pasového límce, vyvrátit na lícni stranu, vymnout, upravit a přistříhnout. | jednoehlový šicí stroj | 0,79 | 1 |
| | | | | 0,79 | |
| 17. | 35. | 49. Došít prodloužený pasový límec. | jednoehlový šicí stroj | 0,28 | 1 |
| | | 50. Přichytit nákrýťovou podsádku na podšívkový pasový límec. | jednoehlový šicí stroj | 0,24 | |
| | | 51. Vyvrátit prodloužený pasový límec na lícni stranu pomocí obraceče, vymnout. | ruční práce | 0,33 | |
| | | 55. Ozdobně prošít nákrýť do tvaru. | jednoehlový šicí stroj | 0,63 | |
| | | | | 1,48 | |
| 18. | 36. | 52. Zažehlit nákrýť a prodloužený pasový límec podle šablony a přežehlit prodloužený pasový límec z lícni strany. | žehlicí stůl | 0,81 | 1 |
| | | 56. Vyžehlit podkryt. | žehlicí stůl | 0,40 | |
| | | | | 1,21 | |
| 19. | 37. | 57. Sešít krokové švy řetízkovým stehem. | řetízkový šicí stroj | 1,23 | 1 |
| | | | | 1,23 | |

Výrobní postup pánských kalhot č.2

| | | | | | |
|--|--|---|---|--------------|----|
| 20. | 38. | 58. Rozžehlit boční a krokové švy, vyvrátit kalhoty na lícni stranu. | ramenový žehlicí stůl | 1,45 1,45 | 1 |
| 21. | 39. | 53. Upevnit hák na prodloužená pasový límec. | stroj na připevnění háku a očka | 0,35 | 1 |
| | | 54. Upevnit očko. | stroj na připevnění háku a očka | 0,18 | |
| | 40. | 59. Navléct běžec zdrhovadla na podkrytovou stranu podkrytového rozparku. | ruční práce | 0,16 | 1 |
| | | 60. Spojit zdrhovadlo koncovou uzávěrkou. | stroj na připevnění koncové uzávěrky zdrhovadla | 0,25 | |
| | | | | 0,41 | |
| 41. | 64. Ozdobně prošit šev podkrytu. | jednojihlový šicí stroj | 0,39 0,39 | 1 | |
| 22. | 42. | 61. Montáž kalhot v sedě se srovnáním a doměřením po rozparek, sešít od rozparku v jednom sledu s urovnáním pasového límce, sešít také přes pasový límec. | řetízkový šicí stoj | 1,26 1,26 | 1 |
| 23. | 43. | 62. Rozžehlit sedovou záložku. | žehlicí stůl | 0,43 0,43 | 1 |
| | 44. | 63. Našít krytou část podšivkového pasového límce na horní kraj kalhot zapošivacím stehem. | zapošivací stroj | 0,95 0,95 | 1 |
| 24. | 45. | 65. Našít sedový podklad na podsádku podkrytu a přistříhnout. | jednojihlový šicí stroj | 0,36 0,36 | 1 |
| | 46. | 68. Zhotovit 16 uzávěrek na poutka. | uzávěrkovací šicí stroj | 2,33 2,33 | 1 |
| | | 66. Zhotovit uzávěrku z vnitřku rozparku. | uzávěrkovací šicí stroj | 0,31 | 1 |
| 47. | 69. Zhotovit uzávěrku do rozparku – přichytit podkryt a lištu. | uzávěrkovací šicí stroj | 0,16 | | |
| | 67. Zhotovit 4 uzávěrky na boční klínové kapsy. | uzávěrkovací šicí stroj | 0,45 | 1 | |
| 67A. Uzašít 2x1 uzávěrku u bočních kapes z rubu na boční šev k bočním kapsám z líce. | uzávěrkovací šicí stroj | 0,00 | | | |
| 25. | 48. | 70. Zhotovit 2 bodové uzávěrky na váček bočních klínových kapes a šev z rubní strany. | bodový uzávěrkovací šicí stroj | 0,28 | 1 |
| | | 71. Zhotovit 3 bodové uzávěrky na sedový podklad. | bodový uzávěrkovací šicí stroj | 0,42 | |
| | | 72. Zhotovit 9 bodových uzávěrek na pasový límec. | bodový uzávěrkovací šicí stroj | 1,08 | |
| | | | | 1,78 | |
| 49. | 73. Naznačit a vyšít jednu díрку na prodloužený pasový límec. | dírkovací šicí stroj | 0,31 | 1 | |
| | 74. Naznačit a vyšít jednu díрку na zadní kapsu. | dírkovací šicí stroj | 0,31 | | |
| | | | 0,62 | | |
| 26. | 50. | 75. Očistit od konců nití a křídý, zabarvit dírky, uzávěrky. | pracovní stůl | 1,30 1,30 | 2x |
| | 51. | 75. Očistit od konců nití a křídý, zabarvit dírky, uzávěrky. | pracovní stůl | 1,30 1,30 | 1 |
| 27. | 52. | 77. Vyžehlit spodní část kalhot. | karuselový žehlicí stroj | 1,10 1,10 | 1 |
| 28. | 53. | 78. Vyžehlit vrchní část nohavic s podložením šablony pod kapsy. | žehlicí lis | 1,53 1,53 | 2x |
| | 54. | 78. Vyžehlit vrchní část nohavic s podložením šablony pod kapsy. | žehlicí lis | 1,53 1,53 | 1 |
| 29. | 55. | 80. Naznačit a přišíť jeden knoflík na prodloužený pasový límec. | knoflíkovací šicí stoj | 0,21 | 1 |
| | | 81. Naznačit a přišíť jeden knoflík na zadní kapsu. | knoflíkovací šicí stoj | 0,21 | |
| | | | | 0,42 | |
| 56. | 82. Doměřit a začistit ozoubkováním dolní kraj kalhot. | speciální stroj | 0,42 | 1 | |

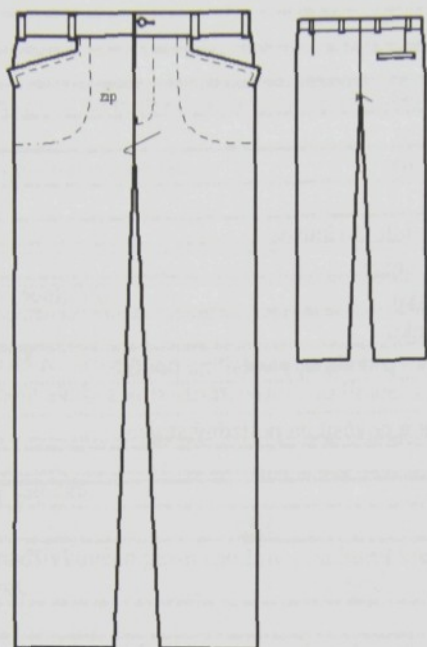
Výrobní postup pánských kalhot č.2

| | | | | | |
|-----|-----|---|---------------|------|---------|
| | | 85. Vyčistit kalhoty kartáčováním. | ruční práce | 0,49 | |
| | | | | 0,91 | |
| 30. | 57. | 79. Dožehlování. | žehlicí stůl | 1,12 | 2x 1 |
| | 58. | 79. Dožehlování. | žehlicí stůl | 1,12 | |
| | 59. | 83. Výstupní technická kontrola. | pracovní stůl | 1,04 | 2x 1 |
| | 60. | 83. Výstupní technická kontrola. | pracovní stůl | 1,04 | |
| 31. | 61. | 84. Odstříhnout a vložit chránidlo do kapsy. | ruční práce | 0,18 | 1 |
| | | 86. Vložit kousek textilie do kapsy. | ruční práce | 0,07 | |
| | | 87. Převést kalhoty na ramínko. | ruční práce | 0,24 | |
| | | 88. Přichytit kalhoty na ramínko. | ruční práce | 0,20 | |
| | | 89. VISAČKA – knížečka na nit s plombou, pověsit na poutko. | ruční práce | 0,45 | |
| | | 90. Zavěsit logo na ramínko. | ruční práce | 0,10 | |
| | | 91. Navléct sáček na výrobek a pověsit na pojízdný stojan. | ruční práce | 0,38 | |
| | | | | 1,62 | |

Nčnormočas

Rpočet pracovníků

VÝROBNÍ POSTUP PÁNSKÝCH KALHOT Č.3



Obr. 3: Technický náčrt pánských kalhot – vzor č.3

Tab. 3: Výrobní postup pánských kalhot – vzor č3

| Prac. místo | Pozice | Číslo a název operace | Stroj | N _ε | R |
|---|--------|--|---------------------------|----------------|---|
| 1. | 1. | 1. Příprava dílů. | pracovní stůl | 1,68 | 1 |
| | | 2. Třídění dle barev. | ruční práce | 0,13 | |
| | | | | 1,81 | |
| | 2. | 3. Dekatování podšívkového pasového límce | žehlící stůl | 0,33 | |
| | | 4. Dekatování podšívky PD. | žehlící stůl | 0,13 | |
| 5. Zažehlení přehybu kalhot se současným přežehlením záhybu, do délky cca 30cm. | | žehlící stůl | 0,44 | | |
| | | | 0,90 | | |
| 2. | 3. | 6. Podlepit nákrýtovou a podkrytovou podsádku podkrytového rozparku pro zdrhovadlo lepidlovou výstužnou vložkou. | žehlící lis | 0,21 | 1 |
| | | | | 0,21 | |
| 4. | 4. | 8. Podlepit pasové límce, prodloužené pas. límce. | poloautomat | 1,03 | 1 |
| | | | | 1,03 | |
| 3. | 5. | 10. Začistit obnitkováním PD kalhot, boční, krokový a přední (pánvový) okraj s přiložením podšívky. | třínitý obnitkovací stroj | 1,96 | 1 |
| | | | | 1,96 | |
| | 6. | 36. Odšít 2x1 odševk. | poloautomat | 0,46 | |
| | | | | 0,46 | |
| 4. | 7. | 7. Podlepit výpustkovou podsádku zadní dvojpustkové kapsy lepidlovou výstužnou vložkou. | žehlící lis | 0,15 | 1 |
| | | | | | |
| | 8. | 9. Podlepit otvory bočních bočních kapes lepidlovou výstužnou vložkou. | žehlící stůl | 0,58 | |
| | | 37. Přežehlít 2 odševky, podlepit otvor zadní dvojpustkové kapsy ZD lepidlovou výstužnou vložkou. | žehlící stůl | 0,56 | |
| | | | | 1,14 | |
| 5. | 9. | 11. Začistit obnitkováním ZD kalhot, boční krokový a sedový okraj.. | třínitý obnitkovací stroj | 1,01 | 1 |

Výrobní postup pánských kalhot č.3

| | | | | | |
|-----|-----|---|---------------------------|------|-------------|
| | | 12. Začistit obnitkováním okraje podkrytové podsádky podkrytového rozparku zdrhovadla.. | třínitý obnitkovací stroj | 0,11 | |
| | | 13. Začistit obnitkováním okraje výpustkové podsádky zadní dvojevýpustkové kapsy. | třínitý obnitkovací stroj | 0,11 | |
| | | 14. Spojit obnitkování nastříhané části poutek. | třínitý obnitkovací stroj | 0,16 | |
| | | | | 1,37 | |
| 5A. | 10. | 11A. Začistit obnitkováním 2x1 dílek bočních kapes ze dvou stran | třínitý obnitkovací stroj | 0,47 | 1 |
| | | 11B. Začistit obnitkováním 2x1 dílek bočních kapes po jedné straně | třínitý obnitkovací stroj | 0,29 | |
| | | 11C. Začistit obnitkováním 2x1 podsádku pro svislé kapsy / ze dvou stran | třínitý obnitkovací stroj | 0,38 | |
| | | | | 1,14 | |
| 6. | 11. | 15. Přešíť prodloužení pasového límce dle šablony, přistříhnout záložku. | poloautomat | 0,25 | 1 |
| | | | | 0,25 | |
| | 12. | 16. Našíť podšívkový pasový límec na látkový klikatým stehem, šít v řetězci a pas. límce z řetězce oddělit a svázat. | jednořehlový šicí stroj | 1,04 | 1 |
| | | | | 1,04 | |
| 7. | 13. | 32. Našíť zdrhovadlo a podkryt na PD, nastříhnout PD v ukončení potratového rozparku. | jednořehlový šicí stroj | 0,80 | 1 |
| | | 33. Našíť zdrhovadlo na nákrýtovou podsádku podrytového rozparku. | jednořehlový šicí stroj | 0,33 | |
| | | 17. Přistříhnout látkový pasový límec po délce. | nůžky | 0,36 | |
| | | | | 1,49 | |
| | 14. | 34. Našíť nákrýť. podsádku s nadšitým zdrhovadlem na PD. | poloautomat | 0,65 | 1 |
| | | | | 0,65 | |
| 8. | 15. | 38. Předšíť zadní dvoj výpustkovou kapsu pomocí výpustkové podsádky, s podložení podklad. podsádky a kapes. váčku. | poloautomat | 0,70 | 1 |
| | | | | 0,70 | |
| | 16. | 38A. Přišíť 1 podkladovou podsádku na kapsovinu 1 kapsy. Rozešíť 1 lištovou kapsu. Více o přiložení 1 kapesního váčku s podkladovou podsádkou – nebo patky P k rozešíť kapes. | poloautomat | 0,00 | 1 |
| | | | | 0,00 | |
| | 17. | 21. Ušíť šest poutek s vložením výztuže zapošívacím švem. | poloautomat | 0,29 | 1 |
| | | | | 0,29 | |
| 9. | | 19. Našíť etiketu zákazníka na podšívkový pasový límec ze dvou stran.. | jednořehlový šicí stroj | 0,35 | 1 |
| | | 20. Našíť symbol na podšívkový pasový límec.. | jednořehlový šicí stroj | 0,26 | |
| | 18. | 30. Předšíť kraje sedového podkladu. | jednořehlový šicí stroj | 0,23 | |
| | | 35. Navléct běžec zdrhovadla na nákrýtovou stranu rozparku. | ruční práce | 0,16 | |
| | | | | 1,00 | |
| 10. | | 24. Našíť 2 podkladové podsádky na podkladové kapsové váčky bočních klín. kapes s podehnutím dolní záložky. | speciální stroj | 0,59 | 2 x 1 |
| | | 24A. Přišíť 2 podkladové podsádky na kapsovinu 2 dvouvýpustkových kapes. | speciální stroj | 0,00 | |
| | | 24B. Naznačit umístění 2 kapes na 2 díly 2 přímkou a 2x2 značky. | ruční práce | 0,00 | |
| | 19. | 24C. Odlepení 2 lístků. | ruční práce | 0,05 | |
| | | 25. Prohloubit nástřih dolního rožku klínové kapsy. Přiložit tvarovou část kapesního váčku klínové kapsy na PD podle nástřihů označujících průhyb klínové kapsy, nadehnout přinechanou podsádku, předšíť průhyb podle vodiče. (u přinechané podsádky – předšíť, nenadehnout). | jednořehlový šicí stroj | 2,54 | |
| | | | | 3,18 | |
| | 20. | 25A. Rozešíť 2 dvouvýpustkové kapsy | speciální stroj | 0,00 | 1 |
| | | | | 0,00 | |
| | 21. | 28. Zažehlit tvarovanou kapsu do výpustku. | žehlicí stůl | 0,82 | 1 |
| | | | | 0,82 | |
| | 22. | 26. Našíť zadní kraj přinechané průhybové podsádky klínové kapsy na tvarovou část kapesního váčku. | jednořehlový šicí stroj | 0,00 | 0 |

Výrobní postup pánských kalhot č.3

| | | | | | |
|------|-----|--|----------------------------|------|---|
| | | 26A. Prošit zažehlený okraj tvarované kapsy 1x dle vodiče, otočit 2x v rožcích. | jednohlový šicí stroj | 0,84 | |
| | | 27. Podložit průhyb klínové kapsy podkladovou podsádkou podle orientačních nástřihů a připevnit rožek otvoru přešitím. | jednohlový šicí stroj | 0,88 | |
| | | 27A. Dokončit 2 výpustkové kapsy předšité na spec. stroji s prostřížením podsádky, s odšitím rožků a přišitím podsádky pod kapsou | jednohlový šicí stroj | 0,00 | |
| | | | | 1,72 | |
| 11. | 23. | 18. Zažehlit část pasového límce do průhybu s vytvořením výpustky z látkového pasového límce. | žehlicí stůl | 0,44 | |
| | | 22. Přežehlit poutka. | žehlicí stůl | 0,20 | |
| | | 39. Vtáhnout váček zadní dvojjvýpustkové kapsy do rubní strany a vyžehlit výpustky. | žehlicí stůl | 0,49 | 1 |
| | | | | 1,13 | |
| 11A. | 24. | 28A. Složit kapesní váčky a přišit podsádku pod kapsovou na kapsovinu u rubu – 2 kapsy. | jednohlový šicí stroj | 0,00 | |
| | | 28B. Více o přišití dolního okraje podsádek u svislých kapes – otočit v rožku . | jednohlový šicí stroj | 0,00 | 1 |
| | | 28C. Odlepení 2 lístků. | ruční práce | 0,00 | |
| | | | | 0,90 | |
| 12. | 25. | 23. Nastříhat 6 poutek s doměřením. | nůžky | 0,40 | |
| | | 29. Sešit a začistit kapsové váčky bočních klínových kapes obnitkováním + zalemovat. | pětinitý obnitkovací stroj | 1,27 | |
| | | 29A. Odlepení 2 lístků | | 0,05 | 1 |
| | | 42. Sešit a začistit okraje kapsového váčku zadní dvojjvýpustkové kapsy. | pětinitý obnitkovací stroj | 0,39 | |
| | | | | 2,11 | |
| 13. | 26. | 40. Odšít rožky a našít výpustkovou podsádku a podkladovou podsádku na váček zadní dvojjvýpustkové kapsy.. | jednohlový šicí stroj | 0,75 | |
| | | 40A. Dokončit 1 lištovou kapsu rozešitou na automatě. Odšít rožky a našít podsádku a podkladovou podsádku na váček zadní kapsy. | jednohlový šicí stroj | 0,00 | 1 |
| | | | | 0,75 | |
| | 27. | 41. Zhotovit uzávěry v rožkách zadní dvojjvýpustkové kapsy. | uzávěrkovací stroj | 0,36 | 1 |
| | | | | 0,36 | |
| | 28. | 31. Vyvrátit sedový podklad na lící stranu, upravit a vyžehlit sedový podklad. | žehlicí stůl | 0,38 | 1 |
| | | | | 0,38 | |
| 14. | 29. | 43. Sešít boční švy kalhot řetízkovým stehem. | řetízkový šicí stroj | 1,56 | 1 |
| | | | | 1,56 | |
| | 30. | 44. Přichytit váčky bočních klínových kapes se současným prošitím záhybu a váčku zadní dvojjvýpustkové kapsy se současným přichycením šesti poutek a rozložením boč. švů | jednohlový šicí stroj | 1,28 | 1 |
| | | | | 1,28 | |
| 15. | 31. | 45. Všít pasový límec. | jednohlový šicí stroj | 1,52 | 1 |
| | | | | 1,52 | |
| | 32. | 46. Přežehlit šev pasového límce, zažehlit výpustku. | žehlicí stůl | 1,11 | 1 |
| | | | | 1,11 | |
| 16. | 33. | 47. Olemovat nákrýtky také přes pasový límec, přistříhnout lemovku. | lemovací stroj | 0,43 | 1 |
| | | | | 0,43 | |
| | 34. | 48. Předšit podkryt se současným předšitím předního kraje pravého pasového límce, vyvrátit na lící stranu, vymnout, upravit a přistříhnout. | jednohlový šicí stroj | 0,79 | 1 |
| | | | | 0,79 | |
| 17. | 35. | 49. Došít prodloužený pasový límec. | jednohlový šicí stroj | 0,28 | |
| | | 50. Přichytit nákrýtkovou podsádku na podšívkový pasový límec. | jednohlový šicí stroj | 0,24 | |
| | | 51. Vyvrátit prodloužený pasový límec na lící stranu pomocí obraceče, vymnout. | ruční práce | 0,33 | 1 |
| | | 55. Ozdobně prošít nákrýtky do tvaru. | jednohlový šicí stroj | 0,63 | |
| | | | | 1,48 | |

| | | | | | |
|-----|--|---|---|------|-------|
| 18. | 36. | 52. Zažehlit nákrýt a prodloužený pasový límeček podle šablony a přežehlit prodloužený pasový límeček z lící strany. | žehlicí stůl | 0,81 | 1 |
| | | 56. Vyžehlit podkryt. | žehlicí stůl | 0,40 | |
| 19. | 37. | 57. Sešít krokové švy řetízovým stehem. | řetízkový šicí stoj | 1,23 | 1 |
| | | | | 1,23 | |
| 20. | 38. | 58. Rozžehlit boční a krokové švy, vyvrátit kalhoty na lící stranu. | ramenový žehlicí stůl | 1,45 | 1 |
| | | | | 1,45 | |
| 21. | 39. | 53. Upevnit hák na prodloužená pasový límeček. | stroj na připevnění háku a očka | 0,35 | 1 |
| | | 54. Upevnit očko. | stroj na připevnění háku a očka | 0,18 | |
| | | | 0,53 | | |
| | 40. | 59. Navléct běžec zdrhovadla na podkrytovou stranu podkrytového rozparku. | ruční práce | 0,16 | |
| | | 60. Spojit zdrhovadlo koncovou uzávěrkou. | stroj na připevnění koncové uzávěrky zdrhovadla | 0,25 | |
| | | | 0,25 | | |
| 41. | 64. Ozdobně prošít šev podkrytu. | jednořehlový šicí stroj | 0,39 | 1 | |
| | | | 0,39 | | |
| 22. | 42. | 61. Montáž kalhot v sedě se srovnáním a doměřením po rozpárek, sešít od rozpárek v jednom sledu s urovnáním pasového límečka, sešít také přes pasový límeček. | řetízkový šicí stoj | 1,26 | 1 |
| | | | | 1,26 | |
| 23. | 43. | 62. Rozžehlit sedovou záložku. | žehlicí stůl | 0,43 | 1 |
| | | | | 0,43 | |
| 44. | 63. Našít krytou část podšívkového pasového límečka na horní kraj kalhot zapošivacím stehem. | zapošivací stroj | 0,95 | 1 | |
| | | | | | 0,95 |
| 24. | 45. | 65. Našít sedový podklad na podsádku podkrytu a přistříhnout. | jednořehlový šicí stroj | 0,36 | 1 |
| | | | | 0,36 | |
| | 46. | 68. Zhotovit 12 uzávěrek na poutka. | uzávěrkovací šicí stroj | 1,75 | |
| | | | 1,75 | | |
| 25. | 47. | 66. Zhotovit uzávěrku z vnitřku rozpárek. | uzávěrkovací šicí stroj | 0,31 | 1 |
| | | 69. Zhotovit uzávěrku do rozpárek – přichytit podkryt a lištu. | uzávěrkovací šicí stroj | 0,16 | |
| | 67. Zhotovit 4 uzávěrky na boční klínové kapsy. | uzávěrkovací šicí stroj | 0,45 | | |
| | 67A. Uzašít 2x1 uzávěrku u bočních kapes z rubu na boční šev k bočním kapsám z líce. | uzávěrkovací šicí stroj | 0,35 | | |
| | | | 1,27 | | |
| 48. | 70. Zhotovit 2 bodové uzávěrky na váček bočních klínových kapes a šev z rubní strany. | bodový uzávěrkovací šicí stroj | 0,28 | 1 | |
| | | | | | 0,42 |
| | 71. Zhotovit 3 bodové uzávěrky na sedový podklad. | bodový uzávěrkovací šicí stroj | 1,08 | | |
| | | | 1,78 | | |
| 49. | 72. Zhotovit 9 bodových uzávěrek na pasový límeček. | bodový uzávěrkovací šicí stroj | 0,31 | 1 | |
| | | | | | 0,31 |
| | | | 0,62 | | |
| 26. | 50. | 75. Očistit od konců nití a křídly, zabarvit dírky, uzávěrky. | pracovní stůl | 1,30 | 2 x 1 |
| | | | | 1,30 | |
| | 51. | 75. Očistit od konců nití a křídly, zabarvit dírky, uzávěrky. | pracovní stůl | 1,30 | |
| | | | 1,30 | | |
| 27. | 52. | 77. Vyžehlit spodní část kalhot. | karuselový žehlicí stroj | 1,10 | 1 |
| | | | | 1,10 | |
| 28. | 53. | 78. Vyžehlit vrchní část nohavic s podložením šablony pod kapsy. | žehlicí lis | 1,53 | 2 x |
| | | | | 1,53 | |

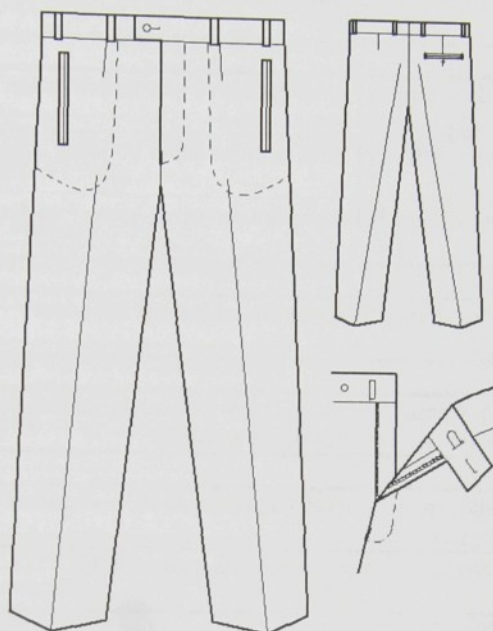
Výrobní postup pánských kalhot č.3

| | | | | | |
|--|-------------|--|------------------------|------|---|
| 54. | 78. | Vyžehlit vrchní část nohavic s podložením šablony pod kapsy. | žehlicí lis | 1,53 | 1 |
| | | | | 1,53 | |
| 29. | 55. | 80. Naznačit a přišít jeden knoflík na prodloužený pasový límeček. | knoflíkovací šicí stoj | 0,21 | 1 |
| | | 81. Naznačit a přišít jeden knoflík na zadní kapsu. | knoflíkovací šicí stoj | 0,21 | |
| | 56. | 82. Doměřit a začistit ozoubkovaním dolní kraj kalhot. | speciální stroj | 0,42 | 1 |
| | | 85. Vyčistit kalhoty kartáčováním. | ruční práce | 0,49 | |
| | | | | 0,91 | |
| 30. | 57. | 79. Dožehlování. | žehlicí stůl | 1,12 | 2 |
| | | | | 1,12 | |
| | 58. | 79. Dožehlování. | žehlicí stůl | 1,12 | 1 |
| | | | | 1,12 | |
| 31. | 59. | 83. Výstupní technická kontrola. | pracovní stůl | 1,04 | 2 |
| | | | | 1,04 | |
| | 60. | 83. Výstupní technická kontrola. | pracovní stůl | 1,04 | 1 |
| | | | | 1,04 | |
| | 61. | 84. Odstříhnout a vložit chránidlo do kapsy. | ruční práce | 0,18 | 1 |
| | | 86. Vložit kousek textilie do kapsy. | ruční práce | 0,07 | |
| | | 87. Převěsit kalhoty na ramínko. | ruční práce | 0,24 | |
| | | 88. Přichytit kalhoty na ramínko. | ruční práce | 0,20 | |
| | | 89. Visačka – knížečka na nit s plombou, pověsit na poutko. | ruční práce | 0,45 | |
| | | 90. Zavěsit logo na ramínko. | ruční práce | 0,10 | |
| 91. Navléct sáček na výrobek a pověsit na pojízdný stojan. | ruční práce | 0,38 | | | |
| | | | | 1,62 | |

Nčnormočas

Rpočet pracovníků

VÝROBNÍ POSTUP PÁNSKÝCH KALHOT Č.4



Obr. 4: Technický náčrt pánských kalhot – vzor č.4

Tab. 4: Výrobní postup pánských kalhot – vzor č.4

| Prac. místo | Pozice | Číslo a název operace | Stroj | N _ε | R |
|---|--------|--|---------------------------|----------------|---|
| 1. | 1. | 1. Příprava dílů. | pracovní stůl | 1,68 | 1 |
| | | 2. Třídění dle barev. | ruční práce | 0,13 | |
| | ----- | | | 1,81 | |
| | 2. | 3. Dekatování podšívkového pasového límce | žehlicí stůl | 0,33 | |
| | | 4. Dekatování podšívky PD. | žehlicí stůl | 0,13 | |
| 5. Zažehlení přehybu kalhot se současným přežehlením záhybu, do délky cca 30cm. | | žehlicí stůl | 0,44 | | |
| ----- | | | 0,90 | | |
| 2. | 3. | 6. Podlepit nákrýtovou a podkrytovou podsádku podkrytového rozparku pro zdrhovadlo lepicí výstužnou vložkou. | žehlicí lis | 0,21 | 1 |
| | ----- | | | 0,21 | |
| 4. | 4. | 8. Podlepit pasové límce, prodloužené pas. límce. | poloautomat | 1,03 | 1 |
| | ----- | | | 1,03 | |
| 3. | 5. | 10. Začistit obnitkováním PD kalhot, boční, krokový a přední (pánvový) okraj s přiložením podšívky. | třínitý obnitkovací stroj | 1,96 | 1 |
| | | ----- | | | |
| | 6. | 36. Odšít 2x1 odševek. | poloautomat | 0,46 | |
| ----- | | | 0,46 | | |
| 4. | 7. | 7. Podlepit výpustkovou podsádku zadní dvojjvýpustkové kapsy lepicí výstužnou vložkou. | žehlicí lis | 0,15 | 1 |
| | | ----- | | | |
| | 8. | 9. Podlepit lepicí výstužnou vložkou na 2 části kapes na PD. | žehlicí stůl | 0,30 | |
| | | 37. Přežehlit 2 odševky, podlepit otvor zadní dvojjvýpustkové kpsy ZD lepicí výstužnou vložkou. | žehlicí stůl | 0,56 | |
| ----- | | | 0,86 | | |
| 5. | 9. | 11. Začistit obnitkováním ZD kalhot, boční krokový a sedový okraj.. | třínitý obnitkovací stroj | 1,01 | 1 |
| | | 12. Začistit obnitkováním okraje podkrytové podsádky podkrytového rozparku zdrhovadla.. | třínitý obnitkovací stroj | 0,11 | |

Výrobní postup pánských kalhot č.4

| | | | | | | |
|-----|---|---|--|------------------------|------|---|
| | | 13. Začistit obnitkováním okraje výpustkové podsádky zadní dvojitý výpustkové kapsy. | třinitý obnitkovací stroj | 0,11 | | |
| | | 14. Spojit obnitkování nastříhané části poutek. | třinitý obnitkovací stroj | 0,16 | | |
| | | ? Obnitkovat 2x1 podsádku pro svislé kapsy/ ze dvou stran | třinitý obnitkovací stroj | 0,38 | | |
| | | | | 1,77 | | |
| 5A. | 10. | 11A. Začistit obnitkováním 2x1 dílek bočních kapes ze dvou stran | třinitý obnitkovací stroj | 0,00 | 1 | |
| | | 11B. Začistit obnitkováním 2x1 dílek bočních kapes po jedné straně | třinitý obnitkovací stroj | 0,00 | | |
| | | 11C. Začistit obnitkováním 2x1 podsádku pro svislé kapsy / ze dvou stran | třinitý obnitkovací stroj | 0,00 | | |
| | | | | 0,00 | | |
| 6. | 11. | 15. Přesít prodloužení pasového límce dle šablony, přistříhnout záložku. | poloautomat | 0,25 | 1 | |
| | | | | 0,25 | | |
| | 12. | 16. Našít podšívkový pasový límec na látkový klikatým stehem, šít v řetězci a pas. límce z řetězce oddělit a svázat. | jednoehlový šicí stroj | 1,04 | 1 | |
| | | | | 1,04 | | |
| 7. | 13. | 32. Našít zdrhovadlo a podkryt na PD, nastříhnout PD v ukončení potratového rozparku. | jednoehlový šicí stroj | 0,80 | 1 | |
| | | 33. Našít zdrhovadlo na nákrýtovou podsádku podrytového rozparku. | jednoehlový šicí stroj | 0,33 | | |
| | | 17. Přistříhnout látkový pasový límec po délce. | nůžky | 0,36 | | |
| | | | | 1,49 | | |
| 8. | 14. | 34. Našít nákrýtv. podsádku s nadšitým zdrhovadlem na PD. | poloautomat | 0,65 | 1 | |
| | | | | 0,65 | | |
| | 15. | 38. Předšít zadní dvoj výpustkovou kapsu pomocí výpustkové podsádky, s podložení podkladové podsádky a kapesního váčku. | poloautomat | 0,70 | | |
| | | | | 0,70 | | |
| | 16. | 38A. Přišít 1 podkladovou podsádku na kapsovinu 1 kapsy. Rozešít 1 lištovou kapsu. Více o přiložení 1 kapesního váčku s podkladovou podsádkou – nebo patky P k rozešití kapes. | poloautomat | 0,00 | 1 | |
| | | | | 0,00 | | |
| 9. | 17. | 21. Ušít šest poutek s vložením výztuže zapošivacím švem. | poloautomat | 0,29 | 1 | |
| | | | | 0,29 | | |
| | 18. | 19. | Našít etiketu zákazníka na podšívkový pasový límec ze dvou stran.. | jednoehlový šicí stroj | 0,35 | 1 |
| | | 20. | Našít symbol na podšívkový pasový límec.. | jednoehlový šicí stroj | 0,26 | |
| | | 30. | Předšít kraje sedového podkladu. | jednoehlový šicí stroj | 0,23 | |
| | 35. | Navléct běžec zdrhovadla na nákrýtovou stranu rozparku. | ruční práce | 0,16 | | |
| | | | | 1,00 | | |
| 10. | 19. | 24. Našít 2 podkladové podsádky na podkladové kapsové váčky bočních klínových kapes s podehnutím dolní záložky. | jednoehlový šicí stroj | 0,00 | 1 | |
| | | 24A. Přišít 2 podkladové podsádky na kapsovinu 2 dvojitý výpustkových kapes. | speciální stroj | 0,41 | | |
| | 24B. Naznačit umístění 2 kapes na 2 díly 2 přímky a 2x2 značky. | ruční práce | 0,60 | | | |
| | 24C. Odlepení 2 lístků. | ruční práce | 0,05 | | | |
| | 25. | Prohloubit nástřih dolního rožku klínové kapsy. Přiložit tvarovou část kapesního váčku klínové kapsy na PD podle nástřihů označujících průhyb klínové kapsy, nadehnout přinechanou podsádku, předšít průhyb podle vodiče. | jednoehlový šicí stroj | 0,00 | | |
| | | | | 1,06 | | |
| 20. | 25A. Rozešít 2 dvojitý výpustkové kapsy | speciální stroj | 1,21 | 1 | | |
| | | | 1,21 | | | |
| 21. | 28. Zažehlit tvarovanou kapsu do výpustku. | žehlicí stůl | 0,00 | 1 | | |
| | | | 0,00 | | | |

| | | | | | | |
|------|------|--|--|----------------------------|------|---|
| 22. | 26. | Našit zadní kraj přinechané průhybové podsádky klínové kapsy na tvarovou část kapesního váčku. | jednoehlový šicí stroj | 0,00 | 1 | |
| | 27. | Podložit průhyb klínové kapsy podkladovou podsádkou podle orientačních nástřihů a připevnit rožek otvoru přešitím. | jednoehlový šicí stroj | 0,00 | | |
| | 27A. | Dokončit 2 výpustkové kapsy předšité na spec. stroji s prostřížením podsádky, s odšitím rožků a přišitím podsádky pod kapsou | jednoehlový šicí stroj | 1,97 | | |
| | | | | 1,97 | | |
| 11. | 23. | 18. | Zažehlit část pasového límce do průhybu s vytvořením výpustky z látkového pasového límce. | žehlicí stůl | 0,44 | 1 |
| | | 22. | Přežehlit poutka. | žehlicí stůl | 0,20 | |
| | | 28. | Vyrovnat a sežehlit výpustky u 2 kapes. | žehlicí stůl | 0,90 | |
| | | 39. | Vtáhnout váček zadní dvojjvýpustkové kapsy do rubní strany a vyžehlit výpustky. | žehlicí stůl | 0,49 | |
| | | | | 2,03 | | |
| 11A. | 24. | 28A. | Složit kapesní váčky a přišit podsádku pod kapsovou na kapsovinu u rubu – 2 kapsy. | jednoehlový šicí stroj | 0,71 | 1 |
| | | 28B. | Více o přišití dolního okraje podsádek u svislých kapes – otočit v rožku. | jednoehlový šicí stroj | 0,14 | |
| | | 28C. | Odlepení 2 lístků. | ruční práce | 0,05 | |
| | | | | 0,90 | | |
| 12. | 25. | 23. | Nastříhat 6 poutek s doměřením. | nůžky | 0,40 | 1 |
| | | 29. | Sešít a začistit kapesní váčky bočních klínových kapes obnitkováním + olemováním. | pětinitý obnitkovací stroj | 1,24 | |
| | | 42. | Sešít a začistit okraje kapesního váčku zadní dvojjvýpustkové kapsy. | pětinitý obnitkovací stroj | 0,39 | |
| | | | | 2,03 | | |
| 13. | 26. | 40. | Odšít rožky a našít výpustkovou podsádku a podkladovou podsádku na váček zadní dvojjvýpustkové kapsy.. | jednoehlový šicí stroj | 0,75 | 1 |
| | | 40A. | Dokončit 1 lištovou kapsu rozešitou na automatě. Odšít rožky a našít podsádku a podkladovou podsádku na váček zadní kapsy. | jednoehlový šicí stroj | 0,00 | |
| | | | | | 0,00 | |
| | 27. | 41. | Zhotovit uzávěry v rožkách zadní dvojjvýpustkové kapsy. | uzávěrkovací stroj | 0,36 | 1 |
| | | | | | 0,36 | |
| 28. | 31. | Vyvrátit sedový podklad na lící stranu, upravit a vyžehlit sedový podklad. | žehlicí stůl | 0,38 | 1 | |
| | | | | 0,38 | | |
| 14. | 29. | 43. | Sešít boční švy kalhot řetízovým stehem. | řetízový šicí stroj | 1,56 | 1 |
| | | | | 1,56 | | |
| | 30. | 44. | Přichytit váčky bočních klínových kapes se současným prošitím záhybu a váčku zadní dvojjvýpustkové kapsy se současným přichycením 6 poutek a rozložením boč. švů | jednoehlový šicí stroj | 1,28 | 1 |
| | | | | 1,28 | | |
| 15. | 31. | 45. | Všít pasový líme. | jednoehlový šicí stroj | 1,52 | 1 |
| | | | | 1,52 | | |
| 32. | 46. | Přežehlit šev pasového límce, zažehlit výpustku. | žehlicí stůl | 1,11 | 1 | |
| | | | | 1,11 | | |
| 16. | 33. | 47. | Olemovat nákrýtl také přes pasový límeček, přistříhnout lemovku. | lemovací stroj | 0,43 | 1 |
| | | | | 0,43 | | |
| | 34. | 48. | Předšít podkryt se současným předšitím předního kraje pravého pasového límce, vyvrátit na lící stranu, vymnout, upravit a přistříhnout. | jednoehlový šicí stroj | 0,79 | 1 |
| 0,79 | | | | | | |
| 17. | 35. | 49. | Došít prodloužený pasový límeček. | jednoehlový šicí stroj | 0,28 | 1 |
| | | 50. | Přichytit nákrýtkovou podsádku na podšívkový pasový límeček. | jednoehlový šicí stroj | 0,24 | |
| | | 51. | Vyvrátit prodloužený pasový límeček na lící stranu pomocí obrabeče, vymnout. | ruční práce | 0,33 | |
| | | 55. | Ozdobně prošít nákrýtl do tvaru. | jednoehlový šicí stroj | 0,63 | |
| | | | | 1,48 | | |

Výrobní postup pánských kalhot č.4

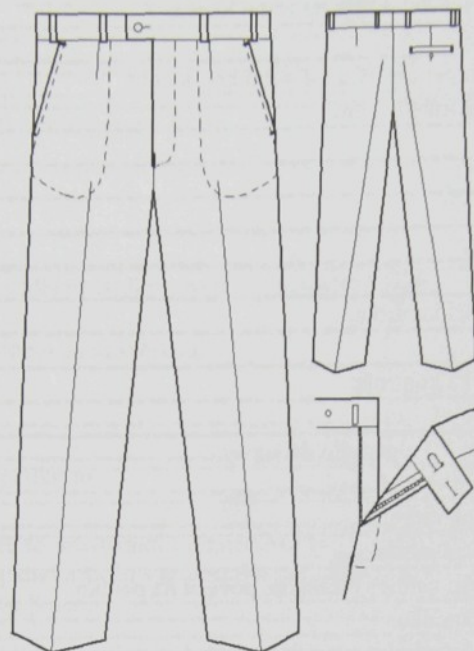
| | | | | | |
|-----|-----|---|---|------|------|
| 18. | 36. | 52. Zažehlit nákrýt a prodloužený pasový límec podle šablony a přežehlit prodloužený pasový límec z lící strany. | žehlicí stůl | 0,81 | 1 |
| | | 56. Vyžehlit podkrýt. | žehlicí stůl | 0,40 | |
| | | | | 1,21 | |
| 19. | 37. | 57. Sešít krokové švy řetízkovým stehem. | řetízkový šicí stoj | 1,23 | 1 |
| | | | | 1,23 | |
| 20. | 38. | 58. Rozžehlit boční a krokové švy, vyvrátit kalhoty na lící stranu. | ramenový žehlicí stůl | 1,45 | 1 |
| | | | | 1,45 | |
| 21. | 39. | 53. Upevnit hák na prodloužená pasový límec. | stroj na připevnění háku a očka | 0,35 | 1 |
| | | 54. Upevnit očko. | stroj na připevnění háku a očka | 0,18 | |
| | | | | 0,53 | |
| | 40. | 59. Navléct běžec zdrhovadla na podkrytovou stranu podkrytového rozparku. | ruční práce | 0,16 | 1 |
| | | 60. Spojit zdrhovadlo koncovou uzávěrkou. | stroj na připevnění koncové uzávěrky zdrhovadla | 0,25 | |
| | | | | | 0,41 |
| 41. | 64. | Ozdobně prošít šev podkrýtu. | jednořehlový šicí stroj | 0,39 | 1 |
| | | | | 0,39 | |
| 22. | 42. | 61. Montáž kalhot v sedě se srovnáním a doměřením po rozparek, sešít od rozparku v jednom sledu s urovnáním pasového límce, sešít také přes pasový límec. | řetízkový šicí stoj | 1,26 | 1 |
| | | | | 1,26 | |
| 23. | 43. | 62. Rozžehlit sedovou záložku. | žehlicí stůl | 0,43 | 1 |
| | | | | 0,43 | |
| | 44. | 63. Našít krytou část podšívkového pasového límce na horní kraj kalhot zapošivacím stehem. | zapošivací stroj | 0,95 | 1 |
| | | | | 0,95 | |
| 24. | 45. | 65. Našít sedový podklad na podsádku podkrýtu a přistříhnout. | jednořehlový šicí stroj | 0,36 | 1 |
| | | | | 0,36 | |
| 47. | 46. | 68. Zhotovit 12 uzávěrek na poutka. | uzávěrkovací šicí stroj | 1,75 | 1 |
| | | | | 1,75 | |
| | | 66. Zhotovit uzávěrku z vnitřku rozparku. | uzávěrkovací šicí stroj | 0,31 | |
| | | 69. Zhotovit uzávěrku do rozparku – přichytit podkrýt a lištu. | uzávěrkovací šicí stroj | 0,16 | |
| 25. | 48. | 67. Zhotovit 4 uzávěrky na boční klínové kapsy. | uzávěrkovací šicí stroj | 0,45 | 1 |
| | | 67A. Uzašít 2x1 uzávěrku u bočních kapes z rubu na boční šev k bočním kapsám z líce. | uzávěrkovací šicí stroj | 0,00 | |
| | | | | 0,92 | |
| 49. | 70. | Zhotovit 2 bodové uzávěrky na váček bočních klínových kapes a šev z rubní strany. | bodový uzávěrkovací šicí stroj | 0,28 | 1 |
| | | 71. Zhotovit 3 bodové uzávěrky na sedový podklad. | bodový uzávěrkovací šicí stroj | 0,42 | |
| | | 72. Zhotovit 9 bodových uzávěrek na pasový límec. | bodový uzávěrkovací šicí stroj | 1,08 | |
| | | | | 1,78 | |
| 26. | 50. | 75. Očistit od konců nití a křídly, zabarvit dírky, uzávěrky. | pracovní stůl | 1,30 | 2x |
| | | | | 1,30 | |
| 51. | 75. | Očistit od konců nití a křídly, zabarvit dírky, uzávěrky. | pracovní stůl | 1,30 | 1 |
| | | | | 1,30 | |
| | | | | 1,30 | |
| 27. | 52. | 77. Vyžehlit spodní část kalhot. | karuselový žehlicí stroj | 1,10 | 1 |
| | | | | 1,10 | |
| | | 78. Vyžehlit vrchní část nohavic s podložním šablony pod kapsy. | žehlicí lis | 1,53 | 2x |

| | | | | | |
|------------------------------------|--|--|------------------------|------|---------|
| 28. | 54. | 78. Vyžehlit vrchní část nohavic s podložením šablony pod kapsy. | žehlicí lis | 1,53 | 1 |
| | | 78. Vyžehlit vrchní část nohavic s podložením šablony pod kapsy. | žehlicí lis | 1,53 | |
| 29. | 55. | 80. Naznačit a přišít jeden knoflík na prodloužený pasový límeček. | knoflíkovací šicí stoj | 0,21 | 1 |
| | | 81. Naznačit a přišít jeden knoflík na zadní kapsu. | knoflíkovací šicí stoj | 0,21 | |
| | | | | 0,42 | |
| | 56. | 82. Doměřit a začistit ozoubkovaním dolní kraj kalhot. | speciální stroj | 0,42 | |
| 85. Vyčistit kalhoty kartáčováním. | | ruční práce | 0,49 | | |
| 30. | 57. | 79. Dožehlování. | žehlicí stůl | 1,12 | 2x 1 |
| | | | | 1,12 | |
| | 58. | 79. Dožehlování. | žehlicí stůl | 1,12 | |
| 31. | 59. | 83. Výstupní technická kontrola. | pracovní stůl | 1,04 | 2x 1 |
| | | | | 1,04 | |
| | | 83. Výstupní technická kontrola. | pracovní stůl | 1,04 | |
| | | | | 1,04 | |
| | | 84. Odstříhnout a vložit chránidlo do kapsy. | ruční práce | 0,18 | |
| | | 86. Vložit kousek textilie do kapsy. | ruční práce | 0,07 | |
| | | 87. Převést kalhoty na ramínko. | ruční práce | 0,24 | |
| | | 88. Přichytit kalhoty na ramínko. | ruční práce | 0,20 | |
| | | 89. Visáčka – knížečka na nit s plombou, pověsit na poutko. | ruční práce | 0,45 | |
| | | 90. Zavést logo na ramínko. | ruční práce | 0,10 | |
| | 91. Navléct sáček na výrobek a pověsit na pojízdný stojan. | ruční práce | 0,38 | | |
| | | | 1,62 | | |

Něnormočas

R.....počet pracovníků

VÝROBNÍ POSTUP PÁNSKÝCH KALHOT Č.5



Obr. 5: Technický náčrt pánských kalhot – vzor č.5

Tab. 5: Výrobní postup pánských kalhot – vzor č.5

| Prac. místo | Pozice | Číslo a název operace | Stroj | N _ε | R |
|-------------|--------|--|---------------------------|----------------|---|
| 1. | 1. | 1. Příprava dílů. | pracovní stůl | 1,68 | 1 |
| | | 2. Třídění dle barev. | ruční práce | 0,13 | |
| | | | | 1,81 | |
| | 2. | 3. Dekatování podšívkového pasového límce | žehlící stůl | 0,33 | |
| | | 4. Dekatování podšívky PD. | žehlící stůl | 0,13 | |
| | | 5. Zažehlení přehybu kalhot se současným přežehlením záhybu, do délky cca 30cm. | žehlící stůl | 0,44 | |
| | | | | 0,90 | |
| 2. | 3. | 6. Podlepit nákrýtovou a podkrýtovou podsádku podkrýtového rozparku pro zdrhovadlo lepidlovou výstužnou vložkou. | žehlící lis | 0,21 | 1 |
| | | | | 0,21 | |
| 4. | 4. | 8. Podlepit pasové límce, prodloužené pas. límce. | poloautomat | 1,03 | 1 |
| | | | | 1,03 | |
| 3. | 5. | 10. Začistit obnitkováním PD kalhot, boční, krokový a přední (pánvový) okraj s přiložením podšívky. | třínitý obnitkovací stroj | 1,96 | 1 |
| | | | | 1,96 | |
| | 6. | 36. Odšít 2x1 odševek. | poloautomat | 0,46 | |
| | | | | 0,46 | |
| 4. | 7. | 7. Nalepit lepicí vložku na 1 část na spec. stoj. nastříhat. | žehlící lis | 0,22 | 1 |
| | | | | 0,22 | |
| | 8. | 9. Podlepit otvory bočních klínových kapes lepidlovou výstuž. vložkou. | žehlící stůl | 0,48 | |
| | | 37. Přežehlit 2 odševky, podlepit otvor zadní dvojjvýpustkové kpsy ZD lepidlovou výstužnou vložkou. | žehlící stůl | 0,56 | |
| | | | | 1,04 | |
| 5. | 9. | 11. Začistit obnitkováním ZD kalhot, boční krokový a sedový okraj. | třínitý obnitkovací stroj | 1,01 | 1 |
| | | 12. Začistit obnitkováním okraje podkrýtové podsádky podkrýtového rozparku zdrhovadla.. | třínitý obnitkovací stroj | 0,11 | |

| | | | | | |
|-----|-----|---|---------------------------|------|---|
| | | 13. Začistit obnitkováním okraje podsádky zadní kapsy. | třínitý obnitkovací stroj | 0,14 | |
| | | 14. Spojit obnitkování nastříhané části poutek. | třínitý obnitkovací stroj | 0,16 | |
| | | | | 1,42 | |
| 5A. | 10. | 11A. Začistit obnitkováním 2x1 dílek bočních kapes ze dvou stran | třínitý obnitkovací stroj | 0,00 | 1 |
| | | 11B. Začistit obnitkováním 2x1 dílek bočních kapes po jedné straně | třínitý obnitkovací stroj | 0,00 | |
| | | 11C. Začistit obnitkováním 2x1 podsádku pro svislé kapsy / ze dvou stran | třínitý obnitkovací stroj | 0,00 | |
| | | | | 0,00 | |
| 6. | 11. | 15. Přešíť prodloužení pasového límce dle šablony, přistříhnout záložku. | poloautomat | 0,25 | 1 |
| | | | | 0,25 | |
| | 12. | 16. Našíť podšívkový pasový límce na látkový klikatým stehem, šít v řetězci a pas. límce z řetězce oddělit a svázat. | jednohřelový šicí stroj | 1,04 | 1 |
| | | | | 1,04 | |
| 7. | 13. | 32. Našíť zdrhovadlo a podkryt na PD, nastříhnout PD v ukončení potratového rozparku. | jednohřelový šicí stroj | 0,80 | 1 |
| | | 33. Našíť zdrhovadlo na nákrýtovou podsádku podrytového rozparku. | jednohřelový šicí stroj | 0,33 | |
| | | 17. Přistříhnout látkový pasový límce po délce. | nůžky | 0,36 | |
| | | | | 1,49 | |
| | 14. | 34. Našíť nákrýtovou podsádku s nadšitým zdrhovadlem na PD. | poloautomat | 0,65 | 1 |
| | | | | 0,65 | |
| 8. | 15. | 38. Předšíť zadní dvoj výpustkovou kapsu pomocí výpustkové podsádky, s podložení podkladové podsádky a kapesního váčku. | poloautomat | 0,00 | 1 |
| | | | | 0,00 | |
| | 16. | 38A. Přišíť 1 podkladovou podsádku na kapesovinu 1 kapsy. Rozešíť 1 lištovou kapsu. Více o přiložení 1 kapesního váčku s podkladovou podsádkou – nebo patky P k rozešíť kapes. | poloautomat | 0,92 | 1 |
| | | | | 0,92 | |
| | 17. | 21. Ušíť šest poutek s vložením výztuže zapošivacím švem. | poloautomat | 0,29 | 1 |
| | | | | 0,29 | |
| 9. | | 19. Našíť etiketu zákazníka na podšívkový pasový límce ze dvou stran.. | jednohřelový šicí stroj | 0,35 | 1 |
| | | 20. Našíť symbol na podšívkový pasový límce.. | jednohřelový šicí stroj | 0,26 | |
| | 18. | 30. Předšíť kraje sedového podkladu. | jednohřelový šicí stroj | 0,23 | |
| | | 35. Navléct běžec zdrhovadla na nákrýtovou stranu rozparku. | ruční práce | 0,16 | |
| | | | | 1,00 | |
| 10. | | 24. Našíť 2 podkladové podsádky na podkladové kapesové váčky bočních klínových kapes s podehnutím dolní záložky. | jednohřelový šicí stroj | 0,62 | 1 |
| | | 24A. Přišíť 2 podklad. podsádky na kapesovinu 2 dvouvýpustkových kapes. | speciální stroj | 0,00 | |
| | | 24B. Naznačit umístění 2 kapes na 2 díly 2 přímkou a 2x2 značky. | ruční práce | 0,00 | |
| | 19. | 24C. Odlepení 2 lístků. | ruční práce | 0,05 | |
| | | 25. Prohloubit nástřih dolního rožku klínové kapsy. Přiložit tvorovou část kapesního váčku klínové kapsy na PD podle nástřihů označujících průhyb klínové kapsy, nadehnout přinechanou podsádku, předšíť průhyb podle vodiče. | jednohřelový šicí stroj | 1,15 | |
| | | | | 1,82 | |
| | 20. | 25A. Rozešíť 2 dvouvýpustkové kapsy | speciální stroj | 0,00 | |
| | | | | 0,00 | |
| | 21. | 28. Zažehlit tvarovanou kapsu do výpustku. | žehlicí stůl | 0,00 | 1 |
| | | | | 0,00 | |
| | 22. | 26. Našíť zadní kraj přinechané průhybové podsádky klínové kapsy na tvorovou část kapesního váčku. | jednohřelový šicí stroj | 0,62 | 1 |
| | | 27. Podložit průhyb klínové kapsy podkladovou podsádkou podle orientačních nástřihů a připevnit rožek otvoru přešitím. | jednohřelový šicí stroj | 0,39 | |

Výrobní postup pánských kalhot č.5

| | | | | | | |
|------|-----|--|----------------------------|------|------|--|
| | | 27A. Dokončit 2 výpustkové kapsy předšité na spec. stroji s prostřížením podsádky, s odšitím rožků a přišitím podsádky pod kapsou | jednoehlový šicí stroj | 0,00 | | |
| | | | | 1,01 | | |
| 11. | 23. | 18. Zažehlit část pasového límce do průhybu s vytvořením výpustky z látkového pasového límce. | žehlicí stůl | 0,44 | 1 | |
| | | 22. Přežehlit poutka. | žehlicí stůl | 0,20 | | |
| | | 28. Přežehlit klínová kapsy. | žehlicí stůl | 0,35 | | |
| | | 39. Vtáhnout váček zadní kapsy do rubní strany a vyžehlit. | žehlicí stůl | 0,37 | | |
| | | | | 1,36 | | |
| 11A. | 24. | 28A. Složit kapesní váčky a přišit podsádku pod kapsovou na kapsovinu u rubu – 2 kapsy. | jednoehlový šicí stroj | 0,00 | 1 | |
| | | 28B. Více o přišití dolního okraje podsádek u svislých kapes – otočit v rožku. | jednoehlový šicí stroj | 0,00 | | |
| | | 28C. Odlepení 2 lístků. | ruční práce | 0,00 | | |
| | | | | 0,00 | | |
| 12. | 25. | 23. Nastříhat 6 poutek s doměřením. | nůžky | 0,40 | 1 | |
| | | 29. Sešít a začistit kapsové váčky boč. klínových kapes obnitkováním.. | pětinitý obnitkovací stroj | 0,42 | | |
| | | 42. Sešít a začistit okraje kapsového váčku zadní dvojnýpustkové/výpustkovo lištové kapsy. | pětinitý obnitkovací stroj | 0,39 | | |
| | | | | 1,21 | | |
| 13. | 26. | 40. Odšít rožky a našít výpustkovou podsádku a podkladovou podsádku na váček zadní dvojnýpustkové kapsy.. | jednoehlový šicí stroj | 0,00 | 1 | |
| | | 40A. Dokončit 1 lištovou kapsu rozešitou na automatu. Odšít rožky a našít podsádku a podkladovou podsádku na váček zadní kapsy. | jednoehlový šicí stroj | 0,93 | | |
| | | | | | 0,93 | |
| | 27. | 41. Zhotovit uzávěry v rožkách zadní kapsy. | uzávěrkovací stroj | 0,36 | 1 | |
| | | | | 0,36 | | |
| 28. | 31. | Vyvrátit sedový podklad na lící stranu, upravit a vyžehlit sedový podklad. | žehlicí stůl | 0,38 | 1 | |
| | | | | 0,38 | | |
| 14. | 29. | 43. Sešít boční švy kalhot řetízovým stehem. | řetízkový šicí stroj | 1,56 | 1 | |
| | | | | 1,56 | | |
| 30. | 44. | Přichytit váčky bočních klínových kapes se současným prošitím záhybu a váčku zadní dvojnýpustkové kapsy se současným přichycením šesti poutek a rozložením bočních švů | jednoehlový šicí stroj | 1,28 | 1 | |
| | | | | 1,28 | | |
| 15. | 31. | 45. Všít pasový líme. | jednoehlový šicí stroj | 1,52 | 1 | |
| | | | | 1,52 | | |
| 32. | 46. | Přežehlit šev pasového límce, zažehlit výpustku. | žehlicí stůl | 1,11 | 1 | |
| | | | | 1,11 | | |
| 16. | 33. | 47. Olemovat nákrýtky také přes pasový límeček, přistříhnout lemovku. | lemovací stroj | 0,43 | 1 | |
| | | | | 0,43 | | |
| 34. | 48. | Předšít podkryt se současným předšitím předního kraje pravého pasového límce, vyvrátit na lící stranu, vymnout, upravit a přistříhnout. | jednoehlový šicí stroj | 0,79 | 1 | |
| | | | | 0,79 | | |
| 17. | 35. | 49. Došít prodloužený pasový límeček. | jednoehlový šicí stroj | 0,28 | 1 | |
| | | 50. Přichytit nákrýtkovou podsádku na podšívkový pasový límeček. | jednoehlový šicí stroj | 0,24 | | |
| | | 51. Vyvrátit prodloužený pasový límeček na lící stranu pomocí obraceče, vymnout. | ruční práce | 0,33 | | |
| | | 55. Ozdobně prošít nákrýtky do tvaru. | jednoehlový šicí stroj | 0,63 | | |
| | | | | 1,48 | | |
| 18. | 36. | 52. Zažehlit nákrýtky a prodloužený pasový límeček podle šablony a přežehlit prodloužený pasový límeček z lící strany. | žehlicí stůl | 0,81 | 1 | |
| | | | | 0,40 | | |
| | | | | 1,21 | | |
| 19. | 37. | 57. Sešít krokové švy řetízovým stehem. | řetízkový šicí stroj | 1,23 | 1 | |
| | | | | 1,23 | | |

| | | | | | |
|-----|---|---|---|------|---------|
| 20. | 38. | 58. Rozžehlit boční a krokové švy, vyvrátit kalhoty na lícni stranu. | ramenový žehlící stůl | 1,45 | 1 |
| | | | | 1,45 | |
| 21. | 39. | 53. Upevnit hák na prodloužená pasový límec. | stroj na připevnění háku a očka | 0,35 | 1 |
| | | 54. Upevnit očko. | stroj na připevnění háku a očka | 0,18 | |
| | | | | 0,53 | |
| | 40. | 59. Navléct běžec zdrhovadla na podkrytovou stranu podkrytového rozparku. | ruční práce | 0,16 | 1 |
| | | 60. Spojit zdrhovadlo koncovou uzávěrkou. | stroj na připevnění koncové uzávěrky zdrhovadla | 0,25 | |
| | | | | 0,41 | |
| 41. | 64. Ozdobně prošit šev podkrytu. | jednohavlý šicí stroj | 0,39 | 1 | |
| | | | 0,39 | | |
| 22. | 42. | 61. Montáž kalhot v sedě se srovnáním a doměřením po rozparek, sešít od rozparku v jednom sledu s urovnáním pasového límce, sešít také přes pasový límec. | řetizkový šicí stoj | 1,26 | 1 |
| | | | | 1,26 | |
| 23. | 43. | 62. Rozžehlit sedovou záložku. | žehlící stůl | 0,43 | 1 |
| | | | | 0,43 | |
| | 44. | 63. Našít krytou část podšívkového pasového límce na horní kraj kalhot zapošivacím stehem. | zapošivací stroj | 0,95 | 1 |
| | | | 0,95 | | |
| 24. | 45. | 65. Našít sedový podklad na podsádku podkrytu a přistříhnout. | jednohavlý šicí stroj | 0,36 | 1 |
| | | | | 0,36 | |
| | 46. | 68. Zhotovit 12 uzávěrek na poutka. | uzávěrkovací šicí stroj | 1,75 | 1 |
| | | | | | |
| 25. | 47. | 66. Zhotovit uzávěrku z vnitřku rozparku. | uzávěrkovací šicí stroj | 0,31 | 1 |
| | | 69. Zhotovit uzávěrku do rozparku – přichytit podkryt a lištu. | uzávěrkovací šicí stroj | 0,16 | |
| | 67. | 67. Zhotovit 4 uzávěrky na boční klínové kapsy. | uzávěrkovací šicí stroj | 0,45 | |
| | | 67A. Uzašit 2x1 uzávěrku u bočních kapes z rubu na boční šev k bočním kapsám z líce. | uzávěrkovací šicí stroj | 0,00 | |
| | | | | 0,92 | |
| 48. | 70. Zhotovit 2 bodové uzávěrky na váček bočních klínových kapes a šev z rubní strany. | bodový uzávěrkovací šicí stroj | 0,28 | 1 | |
| | 71. Zhotovit 3 bodové uzávěrky na sedový podklad. | bodový uzávěrkovací šicí stroj | 0,42 | | |
| | 72. Zhotovit 9 bodových uzávěrek na pasový límec. | bodový uzávěrkovací šicí stroj | 1,08 | | |
| | | | 1,78 | | |
| 49. | 73. Naznačit a vyšít jednu díрку na prodloužený pasový límec. | dírkovací šicí stroj | 0,31 | 1 | |
| | 74. Naznačit a vyšít jednu díрку na zadní kapsu. | dírkovací šicí stroj | 0,31 | | |
| | | | 0,62 | | |
| 26. | 50. | 75. Očistit od konců nití a křídly, zabarvit dírky, uzávěrky. | pracovní stůl | 1,30 | 2x 1 |
| | | | | 1,30 | |
| | 51. | 75. Očistit od konců nití a křídly, zabarvit dírky, uzávěrky. | pracovní stůl | 1,30 | |
| | | | 1,30 | | |
| 27. | 52. | 77. Vyžehlit spodní část kalhot. | karuselový žehlící stroj | 1,10 | 1 |
| | | | | 1,10 | |
| 28. | 53. | 78. Vyžehlit vrchní část nohavic s podložením šablony pod kapsy. | žehlící lis | 1,53 | 2x 1 |
| | | | | 1,53 | |
| | 54. | 78. Vyžehlit vrchní část nohavic s podložením šablony pod kapsy. | žehlící lis | 1,53 | |
| | | | 1,53 | | |
| 29. | 55. | 80. Naznačit a přišíť jeden knoflík na prodloužený pasový límec. | knoflíkovací šicí stoj | 0,21 | 1 |
| | | 81. Naznačit a přišíť jeden knoflík na zadní kapsu. | knoflíkovací šicí stoj | 0,21 | |
| | | | | 0,42 | |
| | 82. Doměřit a začistit ozoubkovaním dolní kraj kalhot. | speciální stroj | 0,42 | | |

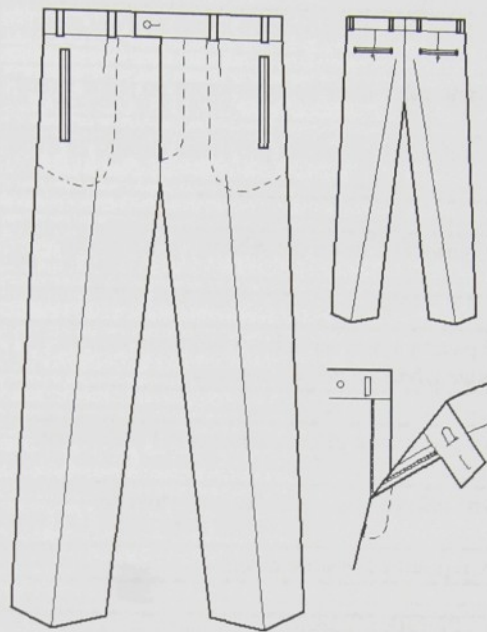
Výrobní postup pánských kalhot č.5

| | | | | | |
|---|-----|--|---------------|------|---------|
| | | 85. Vyčistit kalhoty kartáčováním. | ruční práce | 0,49 | |
| | | | | 0,91 | |
| 30. | 57. | 79. Dožehlování. | žehlicí stůl | 1,12 | 2x 1 |
| | | | | 1,12 | |
| | 58. | 79. Dožehlování. | žehlicí stůl | 1,12 | |
| | | | | 1,12 | |
| 31. | 59. | 83. Výstupní technická kontrola. | pracovní stůl | 1,04 | 2x 1 |
| | | | | 1,04 | |
| | 60. | 83. Výstupní technická kontrola. | pracovní stůl | 1,04 | |
| | | | | 1,04 | |
| | 61. | 84. Odstříhnout a vložit chránidlo do kapsy. | ruční práce | 0,18 | 1 |
| | | 86. Vložit kousek textilie do kapsy. | ruční práce | 0,07 | |
| | | 87. Převést kalhoty na ramínko. | ruční práce | 0,24 | |
| | | 88. Přichytit kalhoty na ramínko. | ruční práce | 0,20 | |
| 89. Visačka – knížečka na nit s plombou, pověsit na poutko. | | ruční práce | 0,45 | | |
| 90. Zavěsit logo na ramínko. | | ruční práce | 0,10 | | |
| 91. Navléct sáček na výrobek a pověsit na pojízdný stojan. | | ruční práce | 0,38 | | |
| | | | 1,62 | | |

Nčnormočas

Rpočet pracovníků

VÝROBNÍ POSTUP PÁNSKÝCH KALHOT Č.6



Obr. 6: Technický náčrt pánských kalhot – vzor č.6

Tab. 6: Výrobní postup pánských kalhot – vzor č.6

| Prac. místo | Pozice | Číslo a název operace | Stroj | N _č | R |
|--|--------|---|---------------------------|----------------|---|
| 1. | 1. | 1. Příprava dilů. | pracovní stůl | 1,68 | 1 |
| | | 2. Třídění dle barev. | ruční práce | 0,13 | |
| | | | | 1,81 | |
| | 2. | 3. Dekatování podšívkového pasového límce | žehlicí stůl | 0,33 | |
| | | 4. Dekatování podšívky PD. | žehlicí stůl | 0,13 | |
| 5. Zažehlení přehybu kalhot se současným přezhlením záhybu, do délky cca 30cm. | | žehlicí stůl | 0,44 | | |
| | | | 0,90 | | |
| 2. | 3. | 6. Podlepit nákrýtovou a podkrytovou podsádku podkrytového rozparku pro zdrhovadlo lepicou výstužnou vložkou. | žehlicí lis | 0,21 | 1 |
| | | | | | |
| 4. | 4. | 8. Podlepit pasové límce, prodloužené pas. límce. | poloautomat | 1,03 | 1 |
| | | | | | |
| 3. | 5. | 10. Začistit obnitkováním PD kalhot, boční, krokový a přední (pánvový) okraj s přiložením podšívky. | třinitý obnitkovací stroj | 1,96 | 1 |
| | | | | | |
| | 6. | 36. Odšít 2x1 odševek. | poloautomat | 0,46 | |
| | | | 0,46 | | |
| 4. | 7. | 7. Podlepit výpustkovou podsádku zadní dvojjýpustkové kapsy lepicou výstužnou vložkou. | žehlicí lis | 0,15 | 1 |
| | | | | | |
| | 8. | 9. Podlepit lepicou výstužnou vložkou na 2 části kapes na PD. | žehlicí stůl | 0,30 | |
| | | 37. Přezehlít 2 odševky, podlepit otvor zadní dvojjýpustkové kapsy ZD lepicou výstužnou vložkou. | žehlicí stůl | 0,56 | |
| | | | 0,86 | | |
| 5. | 9. | 11. Začistit obnitkováním ZD kalhot, boční krokový a sedový okraj.. | třinitý obnitkovací stroj | 1,01 | 1 |
| | | 12. Začistit obnitkováním okraje podkrytové podsádky podkrytového rozparku zdrhovadla.. | třinitý obnitkovací stroj | 0,11 | |

Výrobní postup pánských kalhot č.6

| | | | | | | |
|-----|---|---|--|------------------------|------|---|
| | | 13. Začistit obnitkováním okraje výpustkové podsádky zadní dvojųvýpustkové kapsy. | třínitný obnitkovací stroj | 0,11 | | |
| | | 14. Spojit obnitkování nastříhané části poutek. | třínitný obnitkovací stroj | 0,16 | | |
| | | | | 1,39 | | |
| 5A. | 10. | 11A. Začistit obnitkováním 2x1 dílek bočních kapes ze dvou stran | třínitný obnitkovací stroj | 0,00 | 1 | |
| | | 11B. Začistit obnitkováním 2x1 dílek bočních kapes po jedné straně | třínitný obnitkovací stroj | 0,00 | | |
| | | 11C. Začistit obnitkováním 2x1 podsádku pro svislé kapsy / ze dvou stran | třínitný obnitkovací stroj | 0,38 | | |
| | | | | 0,38 | | |
| 6. | 11. | 15. Přešit prodloužení pasového límce dle šablony, přistříhnout záložku. | poloautomat | 0,25 | 1 | |
| | | | | 0,25 | | |
| | 12. | 16. Našit podšívkový pasový límec na látkový klikatým stehem, šít v řetězci a pas. límce z řetězce oddělit a svázat. | jednoehlový šicí stroj | 1,04 | 1 | |
| | | | | 1,04 | | |
| 7. | 13. | 32. Našit zdrhovadlo a podkryt na PD, nastříhnout PD v ukončení potratového rozparku. | jednoehlový šicí stroj | 0,80 | 1 | |
| | | 33. Našit zdrhovadlo na nákrýtovou podsádku podrytového rozparku. | jednoehlový šicí stroj | 0,33 | | |
| | | 17. Přistříhnout látkový pasový límec po délce. | nůžky | 0,36 | | |
| | | | | 1,49 | | |
| 8. | 14. | 34. Našit nákrýtovou podsádku s nadšitým zdrhovadlem na PD. | poloautomat | 0,65 | 1 | |
| | | | | 0,65 | | |
| | 15. | 38. Předšit 2x1 zadní dvoj výpustkovou kapsu pomocí výpustkové podsádky, s podložení podkladové podsádky a kapesního váčku. | poloautomat | 1,40 | 1 | |
| | | | | 1,40 | | |
| | 16. | 38A. Přišit 1 podkladovou podsádku na kapsovinu 1 kapsy. Rozešit 1 lištovou kapsu. Více o příložen 1 kapesního váčku s podkladovou podsádkou – nebo patky P k rozešití kapes. | poloautomat | 0,00 | 1 | |
| | | | | 0,00 | | |
| 9. | 17. | 21. Ušít šest poutek s vložením výztuže zapošivacím švem. | poloautomat | 0,29 | 1 | |
| | | | | 0,29 | | |
| | 18. | 19. | Našit etiketu zákazníka na podšívkový pasový límec ze dvou stran.. | jednoehlový šicí stroj | 0,35 | 1 |
| | | 20. | Našit symbol na podšívkový pasový límec.. | jednoehlový šicí stroj | 0,26 | |
| | | 30. | Předšit kraje sedového podkladu. | jednoehlový šicí stroj | 0,23 | |
| 35. | Navléct běžec zdrhovadla na nákrýtovou stranu rozparku. | ruční práce | 0,16 | | | |
| | | | | 1,00 | | |
| 10. | 19. | 24. Našit 2 podkladové podsádky na podkladové kapsové váčky bočních klínových kapes s podehnutím dolní záložky. | jednoehlový šicí stroj | 0,00 | 1 | |
| | | 24A. Přišit 2 podkladové podsádky na kapsovinu 2 dvojųvýpustkových kapes. | speciální stroj | 0,41 | | |
| | 25B. Naznačit umístění 2 kapes na 2 díly 2 přímký a 2x2 značky. | ruční práce | 0,60 | | | |
| | 26C. Odlepení 2 lístků. | ruční práce | 0,05 | | | |
| | 25. Prohloubit nástřih dolního rožku klínové kapsy. Přiložit tvarovou část kapesního váčku klínové kapsy na PD podle nástřihů označujících průhyb klínové kapsy, nadehnout přinechanou podsádku, předšit průhyb podle vodiče. | jednoehlový šicí stroj | 0,00 | | | |
| | | | | 1,06 | | |
| | 20. | 25A. Rozešit 2 dvojųvýpustkové kapsy | speciální stroj | 1,21 | | 1 |
| | | | | 1,21 | | |
| 21. | 28. Zažehlit tvarovanou kapsu do výpustku. | žehlicí stůl | 0,00 | 1 | | |
| | | | 0,00 | | | |
| 22. | 26. Našit zadní kraj přinechané průhybové podsádky klínové kapsy na tvorovou část kapesního váčku. | jednoehlový šicí stroj | 0,00 | 1 | | |
| | 27. Podložit průhyb klínové kapsy podkladovou podsádkou podle orientačních nástřihů a připevnit rožek otvoru přešitím. | jednoehlový šicí stroj | 0,00 | | | |

Výrobní postup pánských kalhot č.6

| | | | | | |
|------|-----|---|-----------------------------|------|---|
| | | 27A. Dokončit 2 výpustkové kapsy předšité na spec. stroji s prostřížením podsádky, s odšitím rožků a přišitím podsádky pod kapsou | jednohlohový šicí stroj | 1,97 | |
| | | | | 1,97 | |
| 11. | 23. | 18. Zažehlit část pasového límce do průhybu s vytvořením výpustky z látkového pasového límce. | žehlicí stůl | 0,44 | 1 |
| | | 22. Přežehlit poutka. | žehlicí stůl | 0,20 | |
| | | 28. Vyrovnat a sežehlit výpustky u 2 kapes. | žehlicí stůl | 0,90 | |
| | | 39. Vtáhnout 2x1 váček zadní dvojjvýpustkové kapsy do rubní strany a vyžehlit výpustky. | žehlicí stůl | 0,98 | |
| | | | | 2,52 | |
| 11A. | 24. | 28A. Složit kapesní váčky a přišit podsádku pod kapsovou na kapsovinu u rubu – 2 kapsy. | jednohlohový šicí stroj | 0,71 | 1 |
| | | 28B. Více o přišití dolního okraje podsádek u svislých kapes – otočit v rožku . | jednohlohový šicí stroj | 0,14 | |
| | | 28C. Odlepení 2 lístků. | ruční práce | 0,05 | |
| | | | | 0,90 | |
| 12. | 25. | 23. Nastříhat 6 poutek s doměřením. | nůžky | 0,40 | 1 |
| | | 29. Sešít a začistit kapesní váčky bočních klínových kapes obnitkováním + olemováním. | pětinitný obnitkovací stroj | 1,24 | |
| | | 42. Sešít a začistit okraje 2x1 kapesního váčku zadní dvojjvýpustkové kapsy. | pětinitný obnitkovací stroj | 0,78 | |
| | | | | 2,42 | |
| 13. | 26. | 40. Odšít rožky a našít 2x1 výpustkovou podsádku a podkladovou podsádku na váček zadní dvojjvýpustkové kapsy.. | jednohlohový šicí stroj | 1,50 | 1 |
| | | 40A. Dokončit 1 lištovou kapsu rozešitou na automatě. Odšít rožky a našít podsádku a podkladovou podsádku na váček zadní kapsy. | jednohlohový šicí stroj | 0,00 | |
| | | | | 1,50 | |
| | 27. | 41. Zhotovit 2x uzávěry v rožkách zadní dvojjvýpustkové kapsy. | uzávěrkovací stroj | 0,72 | 1 |
| | | | | 0,72 | |
| | 28. | 31. Vyvrátit sedový podklad na lícni stranu, upravit a vyžehlit sedový podklad. | žehlicí stůl | 0,38 | 1 |
| | | | | 0,38 | |
| 14. | 29. | 43. Sešít boční švy kalhot řetízovým stehem. | řetízkový šicí stroj | 1,56 | 1 |
| | | | | 1,56 | |
| | 30. | 44. Přichytit váčky bočních klínových kapes se současným prošitím záhybu a váčku zadní dvojjvýpustkové kapsy se současným přichycením šesti poutek a rozložením bočních švů | jednohlohový šicí stroj | 1,28 | 1 |
| | | | | 1,28 | |
| 15. | 31. | 45. Všíť pasový límec. | jednohlohový šicí stroj | 1,52 | 1 |
| | | | | 1,52 | |
| | 32. | 46. Přežehlit šev pasového límce, zažehlit výpustku. | žehlicí stůl | 1,11 | 1 |
| | | | | 1,11 | |
| 16. | 33. | 47. Olemovat nákrýť také přes pasový límec, přistříhnout lemovku. | lemovací stroj | 0,43 | 1 |
| | | | | 0,43 | |
| | 34. | 48. Předšít podkryt se současným předšitím předního kraje pravého pasového límce, vyvrátit na lícni stranu, vymnout, upravit a přistříhnout. | jednohlohový šicí stroj | 0,79 | 1 |
| | | | | 0,79 | |
| 17. | 35. | 49. Došít prodloužený pasový límec. | jednohlohový šicí stroj | 0,28 | 1 |
| | | 50. Přichytit nákrýtkovou podsádku na podšívkový pasový límec. | jednohlohový šicí stroj | 0,24 | |
| | | 51. Vyvrátit prodloužený pasový límec na lícni stranu pomocí obraceče, vymnout. | ruční práce | 0,33 | |
| | | 55. Ozdobně prošít nákrýť do tvaru. | jednohlohový šicí stroj | 0,63 | |
| | | | | 1,48 | |
| 18. | 36. | 52. Zažehlit nákrýť a prodloužený pasový límec podle šablony a přežehlit prodloužený pasový límec z lícni strany. | žehlicí stůl | 0,81 | 1 |
| | | 56. Vyžehlit podkryt. | žehlicí stůl | 0,40 | |
| | | | | 1,21 | |
| | | 57. Sešít krokové švy řetízovým stehem. | řetízkový šicí stroj | 1,23 | 1 |

Výrobní postup pánských kalhot č.6

| | | | | | |
|-----|---|---|---|--------------|------|
| 19. | 37. | 57. Sešít krokové švy řetízkovým stehem. | řetízkový šicí stoj | 1,23 | 1 |
| 20. | 38. | 58. Rozžehlit boční a krokové švy, vyvrátit kalhoty na lící stranu. | ramenový žehlicí stůl | 1,43 1,45 | 1 |
| 21. | 39. | 53. Upevnit hák na prodloužená pasový límec. | stroj na připevnění háku a očka | 0,35 | 1 |
| | | 54. Upevnit očko. | stroj na připevnění háku a očka | 0,18 | |
| | | | | 0,53 | |
| | 40. | 59. Navléct běžec zdrhovadla na podkrytovou stranu podkrytového rozparku. | ruční práce | 0,16 | 1 |
| | | 60. Spojit zdrhovadlo koncovou uzávěrkou. | stroj na připevnění koncové uzávěrky zdrhovadla | 0,25 | |
| | | | | | 0,41 |
| 41. | 64. Ozdobně prošít šev podkrytu. | jednoehlový šicí stroj | 0,39 0,39 | 1 | |
| 22. | 42. | 61. Montáž kalhot v sedě se srovnáním a doměřením po rozperek, sešít od rozparku v jednom sledu s urovnáním pasového límce, sešít také přes pasový límec. | řetízkový šicí stoj | 1,26 1,26 | 1 |
| 23. | 43. | 62. Rozžehlit sedovou záložku. | žehlicí stůl | 0,43 0,43 | 1 |
| | 44. | 63. Našít krytou část podšívkového pasového límce na horní kraj kalhot zapošivacím stehem. | zapošivací stroj | 0,95 0,95 | 1 |
| 24. | 45. | 65. Našít sedový podklad na podsádku podkrytu a přistříhnout. | jednoehlový šicí stroj | 0,36 0,36 | 1 |
| | 46. | 68. Zhotovit 12 uzávěrek na poutka. | uzávěrkovací šicí stroj | 1,75 1,75 | 1 |
| 25. | 47. | 66. Zhotovit uzávěrku z vnitřku rozparku. | uzávěrkovací šicí stroj | 0,31 | 1 |
| | | 69. Zhotovit uzávěrku do rozparku – přichytit podkryt a lištu. | uzávěrkovací šicí stroj | 0,16 | |
| | 67. Zhotovit 4 uzávěrky na boční klínové kapsy. | uzávěrkovací šicí stroj | 0,45 | | |
| | 67A. Uzašít 2x1 uzávěrku u bočních kapes z rubu na boční šev k bočním kapsám z líce. | uzávěrkovací šicí stroj | 0,00 | | |
| | | | | 0,92 | |
| 48. | 70. Zhotovit 2 bodové uzávěrky na váček bočních klínových kapes a šev z rubní strany. | bodový uzávěrkovací šicí stroj | 0,28 | 1 | |
| | 71. Zhotovit 3 bodové uzávěrky na sedový podklad. | bodový uzávěrkovací šicí stroj | 0,42 | | |
| | 72. Zhotovit 9 bodových uzávěrek na pasový límec. | bodový uzávěrkovací šicí stroj | 1,08 | | |
| | | | | 1,78 | |
| 49. | 73. Naznačit a vyšít jednu díрку na prodloužený pasový límec. | dírkovací šicí stroj | 0,31 | 1 | |
| | 74. Naznačit a vyšít jednu díрку na zadní kapsu. | dírkovací šicí stroj | 0,31 | | |
| | | | | 0,62 | |
| 26. | 50. | 75. Očistit od konců nití a křídý, zabarvit dírky, uzávěrky. | pracovní stůl | 1,30 1,30 | 2x |
| | 51. | 75. Očistit od konců nití a křídý, zabarvit dírky, uzávěrky. | pracovní stůl | 1,30 1,30 | 1 |
| 27. | 52. | 77. Vyžehlit spodní část kalhot. | karuselový žehlicí stroj | 1,10 1,10 | 1 |
| 28. | 53. | 78. Vyžehlit vrchní část nohavic s podložením šablony pod kapsy. | žehlicí lis | 1,53 1,53 | 2x |
| | 54. | 78. Vyžehlit vrchní část nohavic s podložením šablony pod kapsy. | žehlicí lis | 1,53 1,53 | 1 |
| 29. | 55. | 80. Naznačit a přišít jeden knoflík na prodloužený pasový límec. | knoflíkovací šicí stoj | 0,21 | |
| | | 81. Naznačit a přišít jeden knoflík na zadní kapsu. | knoflíkovací šicí stoj | 0,21 | |
| | | | | | |
| | | 82. Doměřit a začistit ozoubkovaním dolní kraj kalhot. | speciální stroj | 0,42 | |

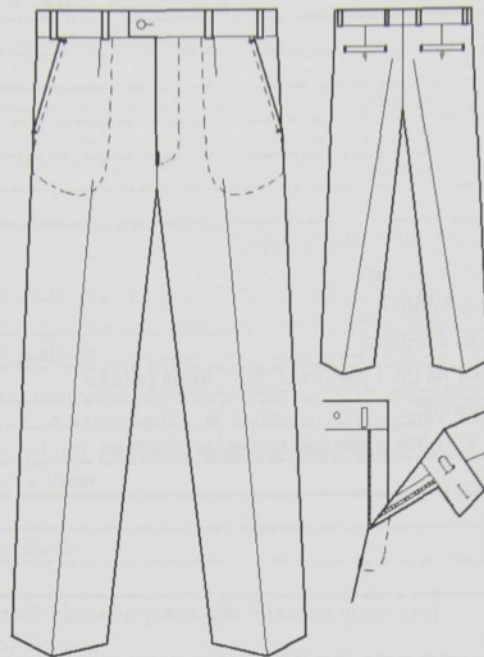
Výrobní postup pánských kalhot č.6

| | | | | | |
|-----|-----|--|---------------|------|---------|
| | | 85. Vyčistit kalhoty kartáčováním. | ruční práce | 0,49 | |
| | | | | 0,91 | |
| 30. | 57. | 79. Dožehlování. | žehlicí stůl | 1,12 | 2x 1 |
| | | | | 1,12 | |
| | 58. | 79. Dožehlování. | žehlicí stůl | 1,12 | |
| | | | | 1,12 | |
| | 59. | 83. Výstupní technická kontrola. | pracovní stůl | 1,04 | 2x 1 |
| | | | | 1,04 | |
| | 60. | 83. Výstupní technická kontrola. | pracovní stůl | 1,04 | |
| | | | | 1,04 | |
| 31. | 61. | 84. Odstříhnout a vložit chránidlo do kapsy. | ruční práce | 0,18 | 1 |
| | | 86. Vložit kousek textilie do kapsy. | ruční práce | 0,07 | |
| | | 87. Převést kalhoty na ramínko. | ruční práce | 0,24 | |
| | | 88. Přichytit kalhoty na ramínko. | ruční práce | 0,20 | |
| | | 89. Věšák – knížečka na nit s plombou, pověsit na poutko. | ruční práce | 0,45 | |
| | | 90. Zavěsit logo na ramínko. | ruční práce | 0,10 | |
| | | 91. Navléct sáček na výrobek a pověsit na pojízdný stojan. | ruční práce | 0,38 | |
| | | | | 1,62 | |

Něnormočas

Rpočet pracovníků

VÝROBNÍ POSTUP PÁNSKÝCH KALHOT Č.7



Obr. 7: Technický náčrt pánských kalhot – vzor č.7

Tab. 7: Výrobní postup pánských kalhot – vzor č.7

| Prac. místo | Pozice | Číslo a název operace | Stroj | N _ε | R |
|-------------|--------|---|---------------------------|----------------|---|
| 1. | 1. | 1. Příprava dílů. | pracovní stůl | 1,68 | 1 |
| | | 2. Třídění dle barev. | ruční práce | 0,13 | |
| | | | | 1,81 | |
| | 2. | 3. Dekatování podšívkového pasového límce | žehlicí stůl | 0,33 | |
| | | 4. Dekatování podšívky PD. | žehlicí stůl | 0,13 | |
| | | 5. Zažehlení přehybu kalhot se současným přežehlením záhybu, do délky cca 30cm. | žehlicí stůl | 0,44 | |
| | | | | 0,90 | |
| 2. | 3. | 6. Podlepit nákrýtovou a podkrýtovou podsádku podkrýtového rozparku pro zdrhovadlo lepicou výstužnou vložkou. | žehlicí lis | 0,21 | 1 |
| | | | | 0,21 | |
| 4. | 4. | 8. Podlepit pasové límce, prodloužené pas. límce. | poloautomat | 1,03 | 1 |
| | | | | 1,03 | |
| 3. | 5. | 10. Začistit obnitkováním PD kalhot, boční, krokový a přední (pánvový) okraj s přiložením podšívky. | třinitý obnitkovací stroj | 1,96 | 1 |
| | | | | 1,96 | |
| 6. | 6. | 36. Odšít 2x1 odševek. | poloautomat | 0,46 | 1 |
| | | | | 0,46 | |
| 4. | 7. | 7. Nalepit lepicí vložku na 1 část na spec. stoj. nastříhat. | žehlicí lis | 0,44 | 1 |
| | | | | 0,44 | |
| | 8. | 9. Podlepit otvory bočních klínových kapes lepicou výstužnou vložkou. | žehlicí stůl | 0,48 | |
| | | 37. Přežehlit 2 odševky, podlepit otvor zadní dvojjvýpustkové kpsy ZD lepicou výstužnou vložkou. | žehlicí stůl | 0,56 | |
| | | | | 1,04 | |
| 5. | 9. | 11. Začistit obnitkováním ZD kalhot, boční krokový a sedový okraj.. | třinitý obnitkovací stroj | 1,01 | 1 |
| | | 12. Začistit obnitkováním okraje podkrýtové podsádky podkrýtového rozparku zdrhovadla.. | třinitý obnitkovací stroj | 0,11 | |

| | | | | | |
|-----|-----|---|---------------------------|------|---|
| | | 13. Začistit obnitkováním okraje podsádky 2x1 zadní kapsy. | třínitý obnitkovací stroj | 0,28 | |
| | | 14. Spojit obnitkování nastříhané části poutek. | třínitý obnitkovací stroj | 0,16 | |
| | | | | 1,56 | |
| 5A. | 10. | 11A. Začistit obnitkováním 2x1 dílek bočních kapes ze dvou stran | třínitý obnitkovací stroj | 0,00 | 1 |
| | | 11B. Začistit obnitkováním 2x1 dílek bočních kapes po jedné straně | třínitý obnitkovací stroj | 0,00 | |
| | | 11C. Začistit obnitkováním 2x1 podsádku pro svislé kapsy / ze dvou stran | třínitý obnitkovací stroj | 0,00 | |
| | | | | 0,00 | |
| 6. | 11. | 15. Přešíť prodloužení pasového límce dle šablony, přistříhnout záložku. | poloautomat | 0,25 | 1 |
| | | | | 0,25 | |
| | 12. | 16. Našíť podšívkový pasový límec na látkový klikatým stehem, šít v řetězci a pas. límce z řetězce oddělit a svázat. | jednohlohový šicí stroj | 1,04 | 1 |
| | | | | 1,04 | |
| 7. | 13. | 32. Našíť zdrhovadlo a podkryt na PD, nastříhnout PD v ukončení potratového rozparku. | jednohlohový šicí stroj | 0,80 | 1 |
| | | 33. Našíť zdrhovadlo na nákrýtovou podsádku podrytového rozparku. | jednohlohový šicí stroj | 0,33 | |
| | | 17. Přistříhnout látkový pasový límec po délce. | nůžky | 0,36 | |
| | | | | 1,49 | |
| | 14. | 34. Našíť nákrýtovou podsádku s nadšitým zdrhovadlem na PD. | poloautomat | 0,65 | 1 |
| | | | | 0,65 | |
| 8. | 15. | 38. Předšíť zadní dvoj výpustkovou kapsu pomocí výpustkové podsádky, s podložení podkladové podsádky a kapesního váčku. | poloautomat | 0,00 | 1 |
| | | | | 0,00 | |
| | 16. | 38A. Přišíť 2x 1 podkladovou podsádku na kapsovinu 2x1 kapsy. Rozešíť 2x1 lištovou kapsu. Více o přiložení 2x1 kapesního váčku s podkladovou podsádkou – nebo patky P k rozešíť kapes. | poloautomat | 1,84 | 1 |
| | | | | 1,84 | |
| 9. | 17. | 21. Ušíť šest poutek s vložením výztuže zapošivacím švem. | poloautomat | 0,29 | 1 |
| | | | | 0,29 | |
| | | 19. Našíť etiketu zákazníka na podšívkový pasový límec ze dvou stran.. | jednohlohový šicí stroj | 0,35 | 1 |
| | | 20. Našíť symbol na podšívkový pasový límec.. | jednohlohový šicí stroj | 0,26 | |
| | 18. | 30. Předšíť kraje sedového podkladu. | jednohlohový šicí stroj | 0,23 | |
| | | 35. Navléct běžec zdrhovadla na nákrýtovou stranu rozparku. | ruční práce | 0,16 | |
| | | | | 1,00 | |
| 10. | | 24. Našíť 2 podkladové podsádky na podkladové kapesové váčky bočních klínových kapes s podehnutím dolní záložky. | jednohlohový šicí stroj | 0,62 | 1 |
| | | 24A. Přišíť 2 podkladové podsádky na kapsovinu 2 dvouvýpustkových kapes. | speciální stroj | 0,00 | |
| | | 24B. Naznačit umístění 2 kapes na 2 díly 2 přímkou a 2x2 značky. | ruční práce | 0,00 | |
| | 19. | 24C. Odlepení 2 listků. | ruční práce | 0,05 | |
| | | 25. Prohloubit nástřih dolního rožku klínové kapsy. Přiložit tvarovou část kapesního váčku klínové kapsy na PD podle nástřihů označujících průhyb klínové kapsy, nadehnout přinechanou podsádku, předšíť průhyb podle vodiče. | jednohlohový šicí stroj | 1,15 | |
| | | | | 1,82 | |
| | 20. | 25A. Rozešíť 2 dvouvýpustkové kapsy | speciální stroj | 0,00 | |
| | | | | 0,00 | |
| | 21. | 28. Zažehlít tvarovanou kapsu do výpustku. | žehlicí stůl | 0,00 | |
| | | | | 0,00 | |
| | 22. | 26. Našíť zadní kraj přinechané průhybové podsádky klínové kapsy na tvarovou část kapesního váčku. | jednohlohový šicí stroj | 0,62 | |
| | | 27. Podložit průhyb klínové kapsy podkladovou podsádkou podle orientačních nástřihů a připevnit rožek otvoru přešitím. | jednohlohový šicí stroj | 0,39 | |

Výrobní postup pánských kalhot č.7

| | | | | | |
|------|---|---|----------------------------|------|---|
| | | 27A. Dokončit 2 výpustkové kapsy předšité na spec. stroji s prostřížením podsádky, s odšitím rožků a přišitím podsádky pod kapsou | jednohlohový šicí stroj | 0,00 | |
| | | | | 1,01 | |
| 11. | 23. | 18. Zažehlit část pasového límce do průhybu s vytvořením výpustky z látkového pasového límce. | žehlicí stůl | 0,44 | 1 |
| | | 22. Přežehlit poutka. | žehlicí stůl | 0,20 | |
| | | 28. Přežehlit klínové kapsy. | žehlicí stůl | 0,35 | |
| | | 39. Vtáhnout 2x1 váček zadní kapsy do rubní strany a vyžehlit. | žehlicí stůl | 0,74 | |
| | | | | 1,73 | |
| 11A. | 24. | 28A. Složit kapesní váčky a přišit podsádku pod kapsovou na kapsovinu u rubu – 2 kapsy. | jednohlohový šicí stroj | 0,00 | 1 |
| | | 28B. Více o přišití dolního okraje podsádek u svislých kapes – otočit v rožku. | jednohlohový šicí stroj | 0,00 | |
| | | 28C. Odlepení 2 lístků. | ruční práce | 0,00 | |
| | | | | 0,00 | |
| 12. | 25. | 23. Nastříhat 6 poutek s doměřením. | nůžky | 0,40 | 1 |
| | | 29. Sešít a začistit kapsové váčky bočních klínových kapes obnitkováním.. | pětinitý obnitkovací stroj | 0,42 | |
| | | 42. Sešít a začistit okraje 2x1 kapsového váčku zadní dvojjvýpustkové kapsy. | pětinitý obnitkovací stroj | 0,78 | |
| | | | | 1,60 | |
| 13. | 26. | 40. Odšít rožky a našít výpustkovou podsádku a podkladovou podsádku na váček zadní dvojjvýpustkové kapsy.. | jednohlohový šicí stroj | 0,00 | 1 |
| | | 40A. Dokončit 2x1 lištovou kapsu rozešitou na automatě. Odšít rožky a našít podsádku a podkladovou podsádku na váček zadní kapsy. | jednohlohový šicí stroj | 1,86 | 1 |
| | | | | 1,86 | |
| | 27. | 41. Zhotovit užávěry v rožkách 2x1 zadní kapsy. | uzávěrkovací stroj | 0,72 | 1 |
| | | | 0,72 | | |
| 28. | 31. Vyvrátit sedový podklad na lící stranu, upravit a vyžehlit sedový podklad. | žehlicí stůl | 0,38 | 1 | |
| | | | 0,38 | | |
| 14. | 29. | 43. Sešít boční švy kalhot řetízkovým stehem. | řetízkový šicí stroj | 1,56 | 1 |
| | | | | 1,56 | |
| 30. | 44. Přichytit váčky bočních klínových kapes se současným prošitím záhybu a váčku zadní dvojjvýpustkové kapsy se současným přichycením šesti poutek a rozložením bočních švů | jednohlohový šicí stroj | 1,28 | 1 | |
| | | | 1,28 | | |
| 15. | 31. | 45. Všít pasový límec. | jednohlohový šicí stroj | 1,52 | 1 |
| | | | | 1,52 | |
| 32. | 46. Přežehlit šev pasového límce, zažehlit výpustku. | žehlicí stůl | 1,11 | 1 | |
| | | | 1,11 | | |
| 16. | 33. | 47. Olemovat nákrýt také přes pasový límec, přistříhnout lemovku. | lemovací stroj | 0,43 | 1 |
| | | | | 0,43 | |
| 34. | 48. Předšít podkryt se současným předšitím předního kraje pravého pasového límce, vyvrátit na lící stranu, vymnout, upravit a přistříhnout. | jednohlohový šicí stroj | 0,79 | 1 | |
| | | | 0,79 | | |
| 17. | 35. | 49. Došít prodloužený pasový límec. | jednohlohový šicí stroj | 0,28 | 1 |
| | | 50. Přichytit nákrýtovou podsádku na podšívkový pasový límec. | jednohlohový šicí stroj | 0,24 | |
| | | 51. Vyvrátit prodloužený pasový límec na lící stranu pomocí obraceče, vymnout. | ruční práce | 0,33 | |
| | | 55. Ozdobně prošít nákrýt do tvaru. | jednohlohový šicí stroj | 0,63 | |
| | | | 1,48 | | |
| 18. | 36. | 52. Zažehlit nákrýt a prodloužený pasový límec podle šablony a přežehlit prodloužený pasový límec z lící strany. | žehlicí stůl | 0,81 | 1 |
| | | 56. Vyžehlit podkryt. | žehlicí stůl | 0,40 | |
| | | | 1,21 | | |
| 19. | 37. | 57. Sešít krokové švy řetízkovým stehem. | řetízkový šicí stroj | 1,23 | 1 |
| | | | | 1,23 | |

| | | | | | |
|-----|-----|---|---|------|----|
| 20. | 38. | 58. Rozžehlit boční a krokové švy, vyvrátit kalhoty na lícni stranu. | ramenový žehlicí stůl | 1,45 | 1 |
| | | | | 1,45 | |
| | 39. | 53. Upevnit hák na prodloužená pasový límeček. 54. Upevnit očko. | stroj na připevnění háku a očka | 0,35 | 1 |
| | | | stroj na připevnění háku a očka | 0,18 | |
| | | | | 0,53 | |
| 21. | 40. | 59. Navléct běžec zdrhovadla na podkrytovou stranu podkrytového rozparku. 60. Spojit zdrhovadlo koncovou uzávěrkou. | ruční práce | 0,16 | 1 |
| | | | stroj na připevnění koncové uzávěrky zdrhovadla | 0,25 | |
| | | | | 0,41 | |
| | 41. | 64. Ozdobně prošit šev podkrytu. | jednohřelový šicí stroj | 0,39 | 1 |
| | | | | 0,39 | |
| 22. | 42. | 61. Montáž kalhot v sedě se srovnáním a doměřením po rozparek, sešít od rozparku v jednom sledu s urovnáním pasového límečku, sešít také přes pasový límeček. | řetízkový šicí stroj | 1,26 | 1 |
| | | | | 1,26 | |
| 23. | 43. | 62. Rozžehlit sedovou záložku. | žehlicí stůl | 0,43 | 1 |
| | | | | 0,43 | |
| | 44. | 63. Našít krytou část podšívkového pasového límečku na horní kraj kalhot zapošivacím stehem. | zapošivací stroj | 0,95 | 1 |
| | | | | 0,95 | |
| 24. | 45. | 65. Našít sedový podklad na podsádku podkrytu a přistříhnout. | jednohřelový šicí stroj | 0,36 | 1 |
| | | | | 0,36 | |
| | 46. | 68. Zhotovit 12 uzávěrek na poutka. | uzávěrkovací šicí stroj | 1,75 | 1 |
| | | | | 1,75 | |
| | | 66. Zhotovit uzávěrku z vnitřku rozparku. | uzávěrkovací šicí stroj | 0,31 | 1 |
| | | 69. Zhotovit uzávěrku do rozparku – přichytit podkryt a lištu. | uzávěrkovací šicí stroj | 0,16 | |
| | 47. | 67. Zhotovit 4 uzávěrky na boční klínové kapsy. | uzávěrkovací šicí stroj | 0,45 | 1 |
| | | 67A. Uzašít 2x1 uzávěrku u bočních kapes z rubu na boční šev k bočním kapsám z líce. | uzávěrkovací šicí stroj | 0,00 | |
| | | | | 0,92 | |
| 25. | 48. | 70. Zhotovit 2 bodové uzávěrky na váček bočních klínových kapes a šev z rubní strany. 71. Zhotovit 3 bodové uzávěrky na sedový podklad. 72. Zhotovit 9 bodových uzávěrek na pasový límeček. | bodový uzávěrkovací šicí stroj | 0,28 | 1 |
| | | | bodový uzávěrkovací šicí stroj | 0,42 | |
| | | | bodový uzávěrkovací šicí stroj | 1,08 | |
| | | | | 1,78 | |
| | 49. | 73. Naznačit a vyšít jednu díрку na prodloužený pasový límeček. 74. Naznačit a vyšít jednu díрку na zadní kapsu. | dírkovací šicí stroj | 0,31 | 1 |
| | | | dírkovací šicí stroj | 0,31 | |
| | | | | 0,62 | |
| 26. | 50. | 75. Očistit od konců nití a křídly, zabarvit dírky, uzávěrky. | pracovní stůl | 1,30 | 2x |
| | | | | 1,30 | 1 |
| | 51. | 75. Očistit od konců nití a křídly, zabarvit dírky, uzávěrky. | pracovní stůl | 1,30 | 1 |
| | | | | 1,30 | |
| 27. | 52. | 77. Vyžehlit spodní část kalhot. | karuselový žehlicí stroj | 1,10 | 1 |
| | | | | 1,10 | |
| 28. | 53. | 78. Vyžehlit vrchní část nohavic s podložením šablony pod kapsy. | žehlicí lis | 1,53 | 2x |
| | | | | 1,53 | 1 |
| | 54. | 78. Vyžehlit vrchní část nohavic s podložením šablony pod kapsy. | žehlicí lis | 1,53 | 1 |
| | | | | 1,53 | |
| 29. | 55. | 80. Naznačit a přišít jeden knoflík na prodloužený pasový límeček. 81. Naznačit a přišít jeden knoflík na zadní kapsu. | knoflíkovací šicí stroj | 0,21 | 1 |
| | | | knoflíkovací šicí stroj | 0,21 | |
| | | | | 0,42 | |

Výrobní postup pánských kalhot č.7

| | | | | | |
|-----|-----|---|-----------------|------|---------|
| 56. | 82. | Doměřit a začistit ozoubkovaním dolní kraj kalhot. | speciální stroj | 0,42 | 1 |
| | 85. | Vyčistit kalhoty kartáčováním. | ruční práce | 0,49 | |
| | | | | 0,91 | |
| 30. | 57. | 79. Dožehlování. | žehlicí stůl | 1,12 | 2x 1 |
| | | | | | |
| 58. | 79. | Dožehlování. | žehlicí stůl | 1,12 | 1 |
| | | | | | |
| 59. | 83. | Výstupní technická kontrola. | pracovní stůl | 1,04 | 2x 1 |
| | | | | | |
| 60. | 83. | Výstupní technická kontrola. | pracovní stůl | 1,04 | 1 |
| | | | | | |
| 31. | 61. | 84. Odstříhnout a vložit chránidlo do kapsy. | ruční práce | 0,18 | 1 |
| | | 86. Vložit kousek textilie do kapsy. | ruční práce | 0,07 | |
| | | 87. Převést kalhoty na ramínko. | ruční práce | 0,24 | |
| | | 88. Přichytit kalhoty na ramínku. | ruční práce | 0,20 | |
| | | 89. Visačka – knížečka na nit s plombou, pověsit na poutko. | ruční práce | 0,45 | |
| | | 90. Zavěsit logo na ramínko. | ruční práce | 0,10 | |
| | | 91. Navléct sáček na výrobek a pověsit na pojízdný stojan. | ruční práce | 0,38 | |
| | | | | 1,62 | |

Nčnormočas

Rpočet pracovníků

Tab. 8: Časová náročnost výroby definovaných vzorů pánských kalhot na jednotlivých pracovních místech

| POZICE - PRACOVNÍ MÍSTO | ČASOVÁ NÁROČNOST VÝROBY | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------|--------------------------|--------|--------------------------|--------|--------------------------|--------|--------------------------|--------|--------------------------|--------|--------------------------|
| | Vzor 1 | Vzor 1 tmavý materiál | Vzor 2 | Vzor 2 tmavý materiál | Vzor 3 | Vzor 3 tmavý materiál | Vzor 4 | Vzor 4 tmavý materiál | Vzor 5 | Vzor 5 tmavý materiál | Vzor 6 | Vzor 6 tmavý materiál | Vzor 7 | Vzor 7 tmavý materiál |
| 1 | 1,81 | 2,08 | 1,81 | 2,08 | 1,81 | 2,08 | 1,81 | 2,08 | 1,81 | 2,08 | 1,81 | 2,08 | 1,81 | 2,08 |
| 2 | 0,90 | 1,04 | 0,90 | 1,04 | 0,90 | 1,04 | 0,90 | 1,04 | 0,90 | 1,04 | 0,90 | 1,04 | 0,90 | 1,04 |
| 3 | 0,21 | 0,24 | 0,21 | 0,24 | 0,21 | 0,24 | 0,21 | 0,24 | 0,21 | 0,24 | 0,21 | 0,24 | 0,21 | 0,24 |
| 4 | 1,03 | 1,18 | 1,03 | 1,18 | 1,03 | 1,18 | 1,03 | 1,18 | 1,03 | 1,18 | 1,03 | 1,18 | 1,03 | 1,18 |
| 5 | 1,96 | 2,25 | 1,96 | 2,25 | 1,96 | 2,25 | 1,96 | 2,25 | 1,96 | 2,25 | 1,96 | 2,25 | 1,96 | 2,25 |
| 6 | 0,46 | 0,53 | 0,46 | 0,53 | 0,46 | 0,53 | 0,46 | 0,53 | 0,46 | 0,53 | 0,46 | 0,53 | 0,46 | 0,53 |
| 7 | 0,15 | 0,17 | 0,15 | 0,17 | 0,15 | 0,17 | 0,15 | 0,17 | 0,22 | 0,25 | 0,15 | 0,17 | 0,44 | 0,51 |
| 8 | 1,04 | 1,20 | 1,04 | 1,20 | 1,14 | 1,31 | 0,86 | 0,99 | 1,04 | 1,20 | 0,86 | 0,99 | 1,04 | 1,20 |
| 9 | 1,39 | 1,60 | 1,39 | 1,60 | 1,37 | 1,58 | 1,77 | 2,04 | 1,42 | 1,63 | 1,39 | 1,60 | 1,56 | 1,79 |
| 10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,14 | 1,31 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,38 | 0,44 | 0,00 | 0,00 |
| 11 | 0,25 | 0,29 | 0,25 | 0,29 | 0,25 | 0,29 | 0,25 | 0,29 | 0,25 | 0,29 | 0,25 | 0,29 | 0,25 | 0,29 |
| 12 | 1,04 | 1,20 | 1,04 | 1,20 | 1,04 | 1,20 | 1,04 | 1,20 | 1,04 | 1,20 | 1,04 | 1,20 | 1,04 | 1,20 |
| 13 | 1,49 | 1,71 | 1,49 | 1,71 | 1,49 | 1,71 | 1,49 | 1,71 | 1,49 | 1,71 | 1,49 | 1,71 | 1,49 | 1,71 |
| 14 | 0,65 | 0,75 | 0,65 | 0,75 | 0,65 | 0,75 | 0,65 | 0,75 | 0,65 | 0,75 | 0,65 | 0,75 | 0,65 | 0,75 |
| 15 | 0,70 | 0,81 | 0,70 | 0,81 | 0,70 | 0,81 | 0,70 | 0,81 | 0,00 | 0,00 | 1,40 | 1,61 | 0,00 | 0,00 |
| 16 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,92 | 1,06 | 0,00 | 0,00 | 1,84 | 2,12 |
| 17 | 0,29 | 0,33 | 0,40 | 0,46 | 0,29 | 0,33 | 0,29 | 0,33 | 0,29 | 0,33 | 0,29 | 0,33 | 0,29 | 0,33 |
| 18 | 1,00 | 1,15 | 1,00 | 1,15 | 1,00 | 1,15 | 1,00 | 1,15 | 1,00 | 1,15 | 1,00 | 1,15 | 1,00 | 1,15 |
| 19 | 1,82 | 2,09 | 1,82 | 2,09 | 3,18 | 3,66 | 1,06 | 1,22 | 1,82 | 2,09 | 1,06 | 1,22 | 1,82 | 2,09 |
| 20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,21 | 1,39 | 0,00 | 0,00 | 1,21 | 1,39 | 0,00 | 0,00 |
| 21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,82 | 0,94 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 22 | 1,01 | 1,16 | 1,01 | 1,16 | 1,72 | 1,98 | 1,97 | 2,27 | 1,01 | 1,16 | 1,97 | 2,27 | 1,01 | 1,16 |
| 23 | 1,48 | 1,70 | 1,55 | 1,78 | 1,13 | 1,30 | 2,03 | 2,33 | 1,36 | 1,56 | 2,52 | 2,90 | 1,73 | 1,99 |
| 24 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,90 | 1,04 | 0,90 | 1,04 | 0,00 | 0,00 | 0,90 | 1,04 | 0,00 | 0,00 |
| 25 | 1,21 | 1,39 | 1,34 | 1,54 | 2,11 | 2,43 | 2,03 | 2,33 | 1,21 | 1,39 | 2,42 | 2,78 | 1,60 | 1,84 |
| 26 | 0,75 | 0,86 | 0,75 | 0,86 | 0,75 | 0,86 | 0,00 | 0,00 | 0,93 | 1,07 | 1,50 | 1,73 | 1,86 | 2,14 |
| 27 | 0,36 | 0,41 | 0,36 | 0,41 | 0,36 | 0,41 | 0,36 | 0,41 | 0,36 | 0,41 | 0,72 | 0,83 | 0,72 | 0,83 |
| 28 | 0,38 | 0,44 | 0,38 | 0,44 | 0,38 | 0,44 | 0,38 | 0,44 | 0,38 | 0,44 | 0,38 | 0,44 | 0,38 | 0,44 |
| 29 | 1,56 | 1,79 | 1,56 | 1,79 | 1,56 | 1,79 | 1,56 | 1,79 | 1,56 | 1,79 | 1,56 | 1,79 | 1,56 | 1,79 |
| 30 | 1,28 | 1,47 | 1,28 | 1,47 | 1,28 | 1,47 | 1,28 | 1,47 | 1,28 | 1,47 | 1,28 | 1,47 | 1,28 | 1,47 |
| 31 | 1,52 | 1,75 | 1,52 | 1,75 | 1,52 | 1,75 | 1,52 | 1,75 | 1,52 | 1,75 | 1,52 | 1,75 | 1,52 | 1,75 |
| 32 | 1,11 | 1,28 | 1,11 | 1,28 | 1,11 | 1,28 | 1,11 | 1,28 | 1,11 | 1,28 | 1,11 | 1,28 | 1,11 | 1,28 |
| 33 | 0,43 | 0,49 | 0,43 | 0,49 | 0,43 | 0,49 | 0,43 | 0,49 | 0,43 | 0,49 | 0,43 | 0,49 | 0,43 | 0,49 |
| 34 | 0,79 | 0,91 | 0,79 | 0,91 | 0,79 | 0,91 | 0,79 | 0,91 | 0,79 | 0,91 | 0,79 | 0,91 | 0,79 | 0,91 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 35 | 1,48 | 1,70 | 1,48 | 1,70 | 1,48 | 1,70 | 1,48 | 1,70 | 1,48 | 1,70 | 1,48 | 1,70 | 1,48 | 1,70 |
| 36 | 1,21 | 1,39 | 1,21 | 1,39 | 1,21 | 1,39 | 1,21 | 1,39 | 1,21 | 1,39 | 1,21 | 1,39 | 1,21 | 1,39 |
| 37 | 1,23 | 1,41 | 1,23 | 1,41 | 1,23 | 1,41 | 1,23 | 1,41 | 1,23 | 1,41 | 1,23 | 1,41 | 1,23 | 1,41 |
| 38 | 1,45 | 1,67 | 1,45 | 1,67 | 1,45 | 1,67 | 1,45 | 1,67 | 1,45 | 1,67 | 1,45 | 1,67 | 1,45 | 1,67 |
| 39 | 0,53 | 0,61 | 0,53 | 0,61 | 0,53 | 0,61 | 0,53 | 0,61 | 0,53 | 0,61 | 0,53 | 0,61 | 0,53 | 0,61 |
| 40 | 0,41 | 0,47 | 0,41 | 0,47 | 0,25 | 0,29 | 0,41 | 0,47 | 0,41 | 0,47 | 0,41 | 0,47 | 0,41 | 0,47 |
| 41 | 0,39 | 0,45 | 0,39 | 0,45 | 0,39 | 0,45 | 0,39 | 0,45 | 0,39 | 0,45 | 0,39 | 0,45 | 0,39 | 0,45 |
| 42 | 1,26 | 1,45 | 1,26 | 1,45 | 1,26 | 1,45 | 1,26 | 1,45 | 1,26 | 1,45 | 1,26 | 1,45 | 1,26 | 1,45 |
| 43 | 0,43 | 0,49 | 0,43 | 0,49 | 0,43 | 0,49 | 0,43 | 0,49 | 0,43 | 0,49 | 0,43 | 0,49 | 0,43 | 0,49 |
| 44 | 0,95 | 1,09 | 0,95 | 1,09 | 0,95 | 1,09 | 0,95 | 1,09 | 0,95 | 1,09 | 0,95 | 1,09 | 0,95 | 1,09 |
| 45 | 0,36 | 0,41 | 0,36 | 0,41 | 0,36 | 0,41 | 0,36 | 0,41 | 0,36 | 0,41 | 0,36 | 0,41 | 0,36 | 0,41 |
| 46 | 1,75 | 2,01 | 2,33 | 2,68 | 1,75 | 2,01 | 1,75 | 2,01 | 1,75 | 2,01 | 1,75 | 2,01 | 1,75 | 2,01 |
| 47 | 0,92 | 1,06 | 0,92 | 1,06 | 1,27 | 1,46 | 0,92 | 1,06 | 0,92 | 1,06 | 0,92 | 1,06 | 0,92 | 1,06 |
| 48 | 1,78 | 2,05 | 1,78 | 2,05 | 1,78 | 2,05 | 1,78 | 2,05 | 1,78 | 2,05 | 1,78 | 2,05 | 1,78 | 2,05 |
| 49 | 0,62 | 0,71 | 0,62 | 0,71 | 0,62 | 0,71 | 0,62 | 0,71 | 0,62 | 0,71 | 0,62 | 0,71 | 0,62 | 0,71 |
| 50 | 1,30 | 1,50 | 1,30 | 1,50 | 1,30 | 1,50 | 1,30 | 1,50 | 1,30 | 1,50 | 1,30 | 1,50 | 1,30 | 1,50 |
| 51 | 1,30 | 1,50 | 1,30 | 1,50 | 1,30 | 1,50 | 1,30 | 1,50 | 1,30 | 1,50 | 1,30 | 1,50 | 1,30 | 1,50 |
| 52 | 1,10 | 1,27 | 1,10 | 1,27 | 1,10 | 1,27 | 1,10 | 1,27 | 1,10 | 1,27 | 1,10 | 1,27 | 1,10 | 1,27 |
| 53 | 1,53 | 1,76 | 1,53 | 1,76 | 1,53 | 1,76 | 1,53 | 1,76 | 1,53 | 1,76 | 1,53 | 1,76 | 1,53 | 1,76 |
| 54 | 1,53 | 1,76 | 1,53 | 1,76 | 1,53 | 1,76 | 1,53 | 1,76 | 1,53 | 1,76 | 1,53 | 1,76 | 1,53 | 1,76 |
| 55 | 0,42 | 0,48 | 0,42 | 0,48 | 0,42 | 0,48 | 0,42 | 0,48 | 0,42 | 0,48 | 0,42 | 0,48 | 0,42 | 0,48 |
| 56 | 0,91 | 1,05 | 0,91 | 1,05 | 0,91 | 1,05 | 0,91 | 1,05 | 0,91 | 1,05 | 0,91 | 1,05 | 0,91 | 1,05 |
| 57 | 1,12 | 1,29 | 1,12 | 1,29 | 1,12 | 1,29 | 1,12 | 1,29 | 1,12 | 1,29 | 1,12 | 1,29 | 1,12 | 1,29 |
| 58 | 1,12 | 1,29 | 1,12 | 1,29 | 1,12 | 1,29 | 1,12 | 1,29 | 1,12 | 1,29 | 1,12 | 1,29 | 1,12 | 1,29 |
| 59 | 1,04 | 1,20 | 1,04 | 1,20 | 1,04 | 1,20 | 1,04 | 1,20 | 1,04 | 1,20 | 1,04 | 1,20 | 1,04 | 1,20 |
| 60 | 1,04 | 1,20 | 1,04 | 1,20 | 1,04 | 1,20 | 1,04 | 1,20 | 1,04 | 1,20 | 1,04 | 1,20 | 1,04 | 1,20 |
| 61 | 1,62 | 1,86 | 1,62 | 1,86 | 1,62 | 1,86 | 1,62 | 1,86 | 1,62 | 1,86 | 1,62 | 1,86 | 1,62 | 1,86 |
| suma | 56,87 | 65,40 | 57,76 | 66,42 | 62,62 | 72,01 | 60,00 | 69,00 | 57,25 | 65,84 | 63,44 | 72,96 | 60,58 | 69,67 |

Pozn.: Časová penalizace pro tmavý materiál – 15%.

Na základě fiktivních zakázek výroby, byl vytvořen soubor experimentálních dat. Množství výrobků v jednotlivých zakázkách bylo rozděleno na výrobní dávky, které se pohybovaly okolo velikosti cca 10 kusů v jedné výrobní dávce (velikost výrobní dávky byla odvozena od výrobní praxe). Celkem vzniklo 40 výrobních dávek. Výrobní časy jednotlivých výrobních dávek na pracovních místech jsou odvozeny od časové náročnosti výroby daných vzorů pánských kalhot na pracovních místech, které jsou dány výrobním postupem a velikostí výrobní dávky. Viz tab. 8.

Tab. 9: Velikost jednotlivých výrobních dávek

| | | | | | | | | | | |
|------------------|--------------------------|-----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Výrobní dávky | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | Vzor 1 | Vzor 1 | Vzor 1 tmavý materiál | Vzor 1 tmavý materiál | Vzor 1 tmavý materiál | Vzor 2 | Vzor 2 | Vzor 2 | Vzor 2 tmavý materiál | Vzor 2 tmavý materiál |
| Počet ks výrobků | 10x | 10x | 10x | 12x | 13x | 10x | 13x | 12x | 10x | 12x |
| Výrobní dávky | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| | Vzor 2 tmavý materiál | Vzor 3 | Vzor 3 | Vzor 3 tmavý materiál | Vzor 3 tmavý materiál | Vzor 3 tmavý materiál | Vzor 4 | Vzor 4 | Vzor 4 tmavý materiál | Vzor 4 tmavý materiál |
| Počet ks výrobků | 13x | 10x | 10x | 10x | 10x | 10x | 10x | 10x | 12x | 13x |
| Výrobní dávky | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| | Vzor 4 tmavý materiál | Vzor 5 | Vzor 5 | Vzor 5 | Vzor 5 | Vzor 5 | Vzor 5 tmavý materiál | Vzor 5 tmavý materiál | Vzor 5 tmavý materiál | Vzor 6 |
| Počet ks výrobků | 10x | 10x | 10x | 10x | 10x | 10x | 10x | 10x | 10x | 12x |
| Výrobní dávky | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 |
| | Vzor 6 | Vzor 6 | Vzor 6 tmavý materiál | Vzor 6 tmavý materiál | Vzor 6 tmavý materiál | Vzor 7 | Vzor 7 | Vzor 7 | Vzor 7 tmavý materiál | Vzor 7 tmavý materiál |
| Počet ks výrobků | 12x | 11x | 12x | 12x | 11x | 10x | 10x | 10x | 12x | 13x |

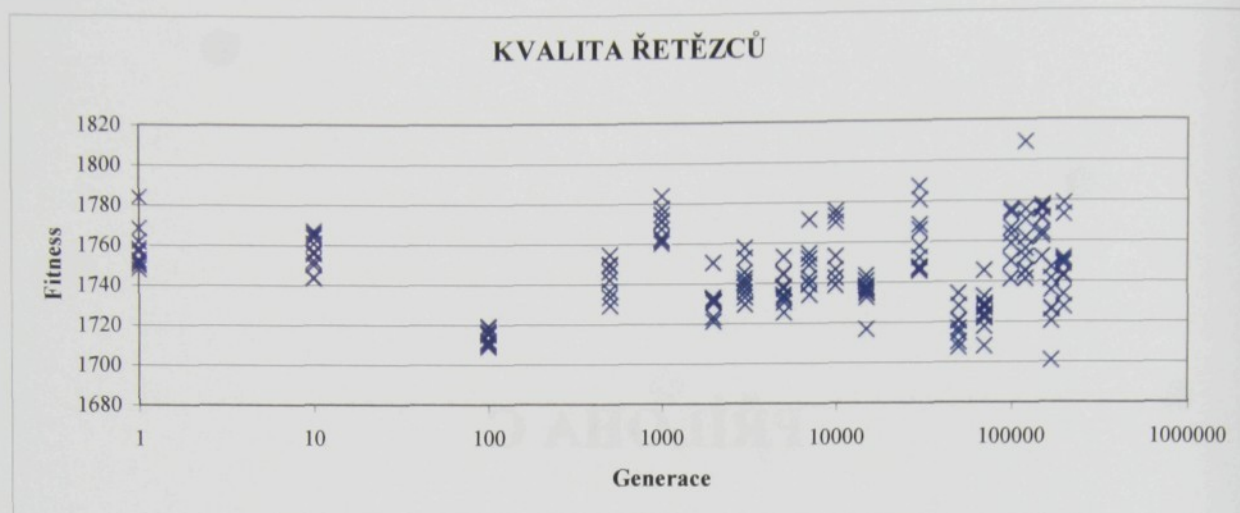
PŘÍLOHA C

VÝVOJ GENERACÍ VE VÝPOČTECH

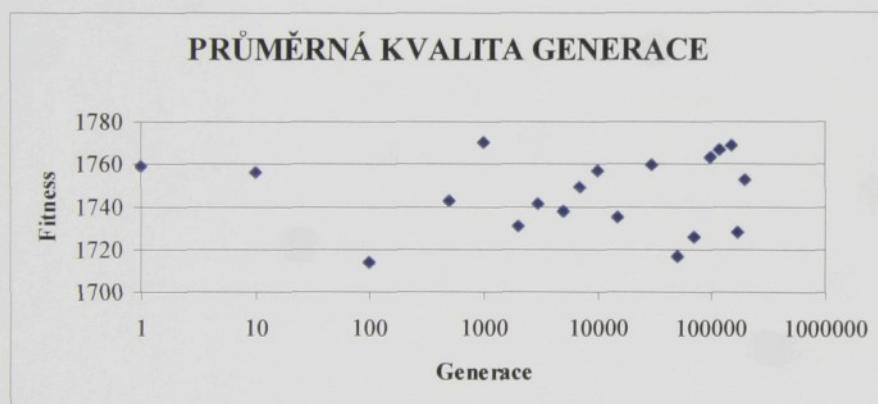
1 ZÍSKANÉ VÝSLEDKY Z GA

1.1 POKUS Č. 1

$p_c=0,6$ (pravděpodobnost křížení); $p_m=0,01$ (pravděpodobnost mutace)



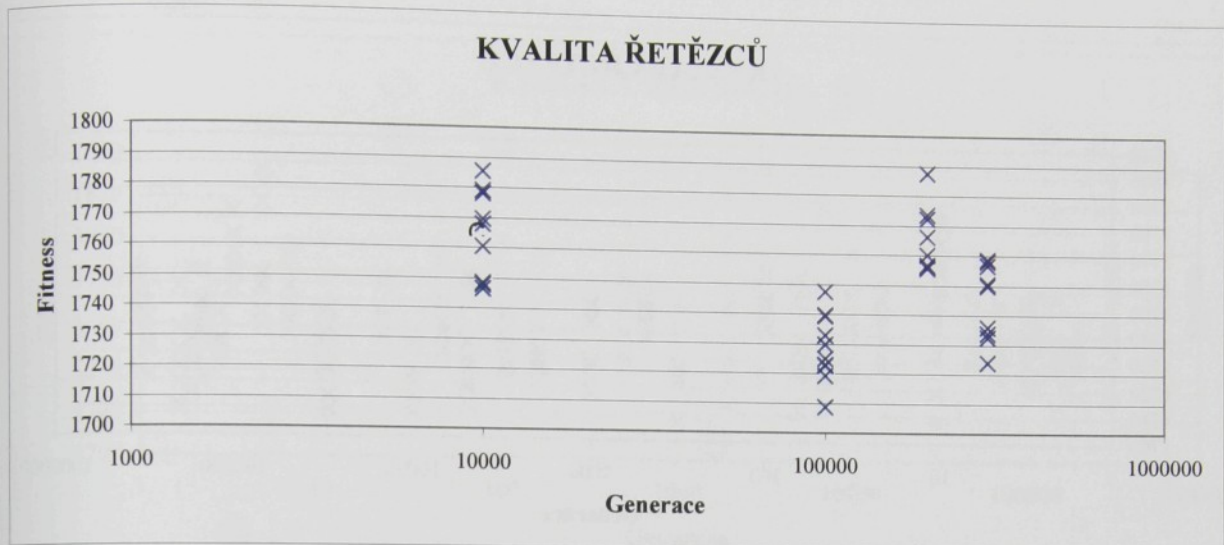
Obr. 1: Grafické znázornění kvality řetězců



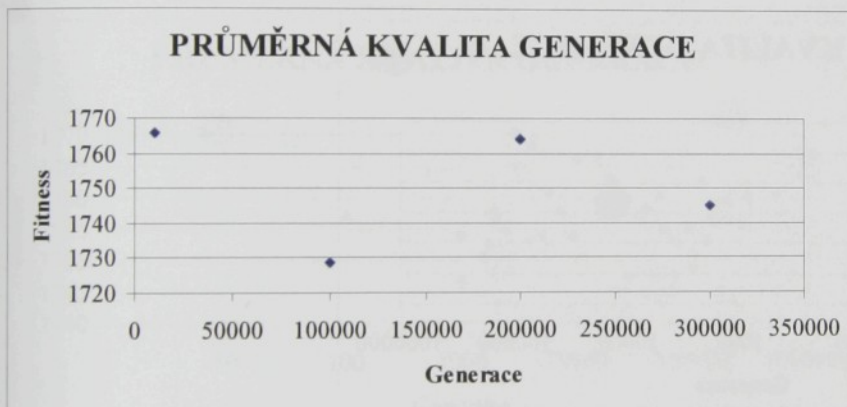
Obr. 2: Průměrná kvalita řetězců v jednotlivých generacích

1.2 POKUS Č. 2

$p_c=0,6$ (pravděpodobnost křížení); $p_m=0,01$ (pravděpodobnost mutace)



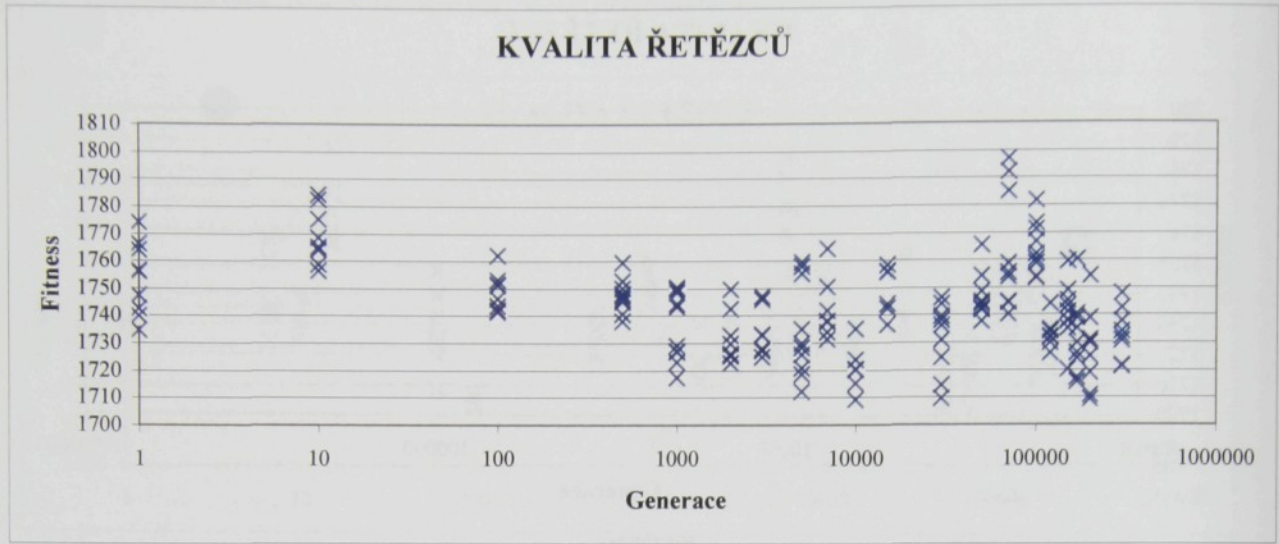
Obr. 3: Grafické znázornění kvality řetězců



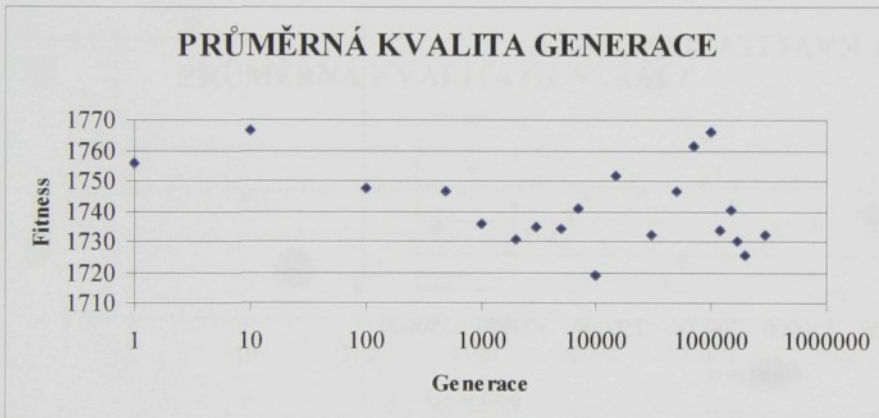
Obr. 4: Průměrná kvalita řetězců v jednotlivých generacích

1.3 POKUS Č. 3

$p_c=0,6$ (pravděpodobnost křížení); $p_m=0,01$ (pravděpodobnost mutace)



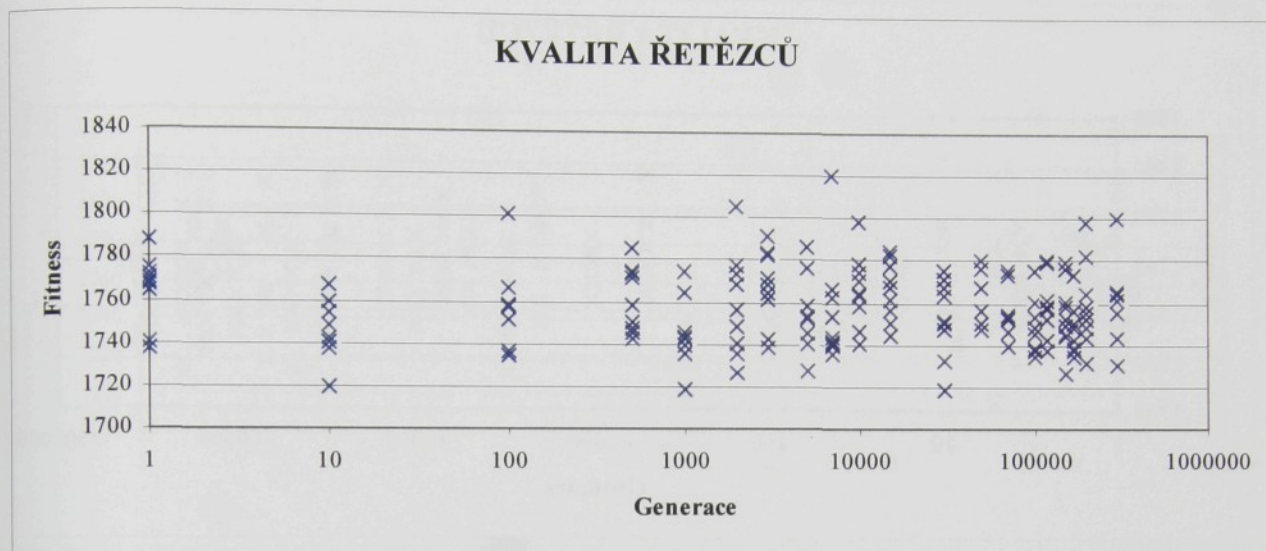
Obr. 5: Grafické znázornění kvality řetězců



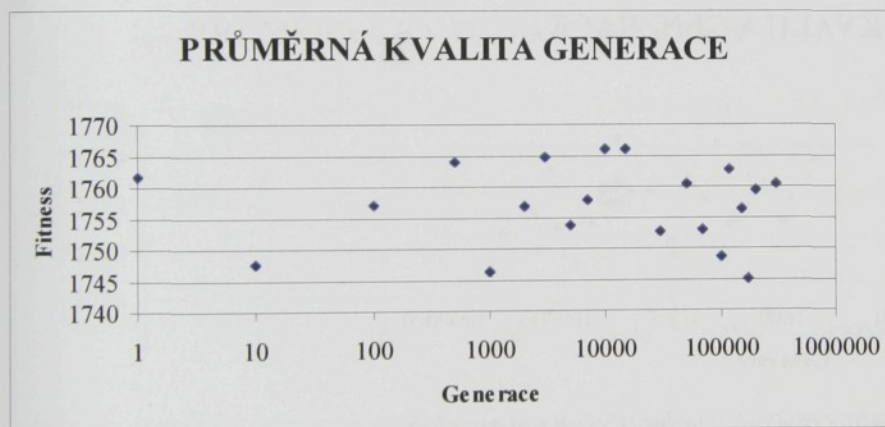
Obr. 6: Průměrná kvalita řetězců v jednotlivých generacích

1.4 POKUS Č. 4

$p_c=0,3$ (pravděpodobnost křížení); $p_m=0,1$ (pravděpodobnost mutace)



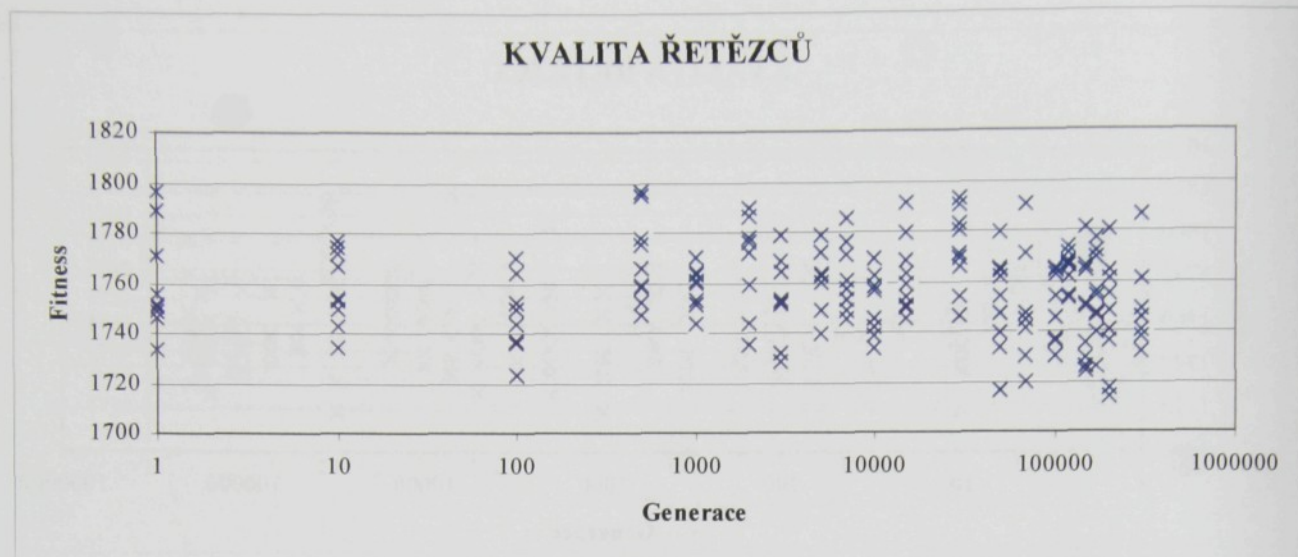
Obr. 7: Grafické znázornění kvality řetězců



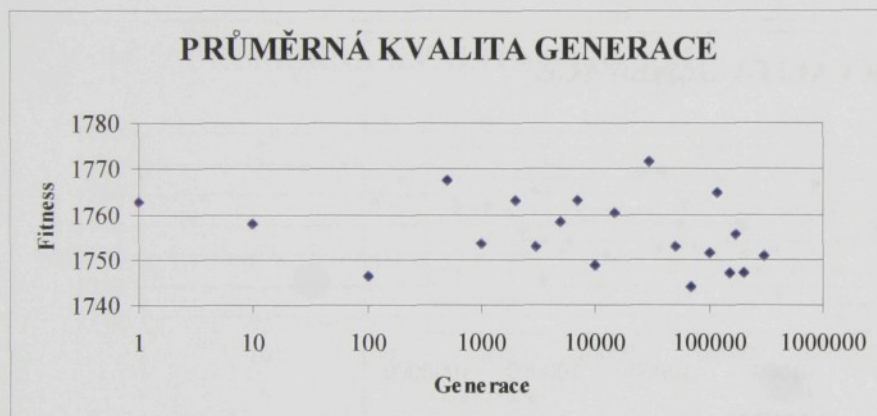
Obr. 8: Průměrná kvalita řetězců v jednotlivých generacích

1.5 POKUS Č. 5

$p_c=0,3$ (pravděpodobnost křížení); $p_m=0,1$ (pravděpodobnost mutace)



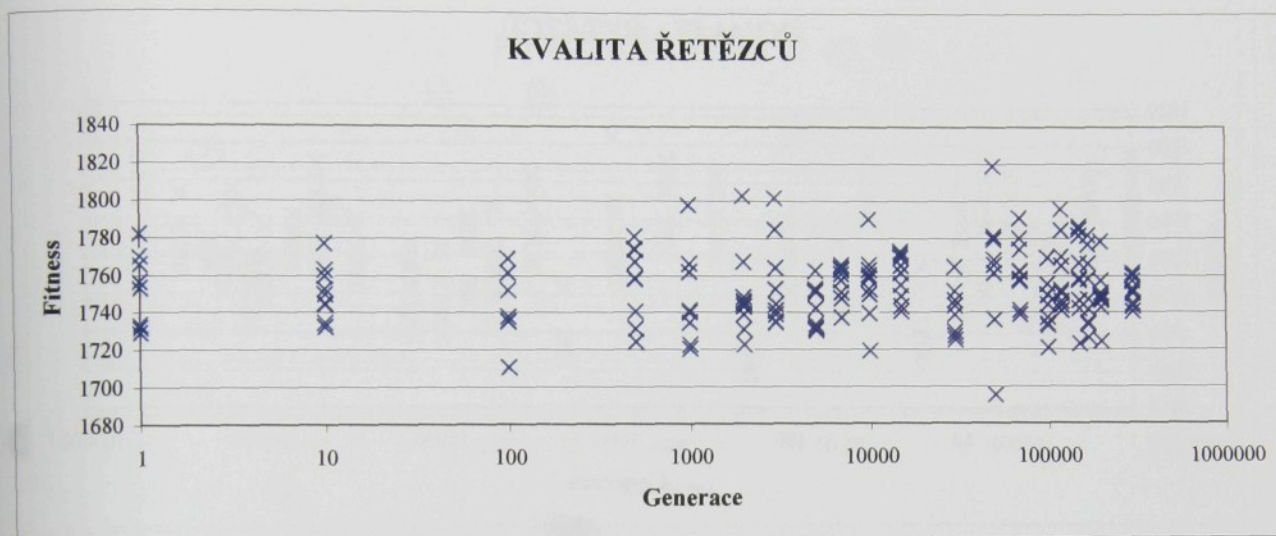
Obr. 9: Grafické znázornění kvality řetězců



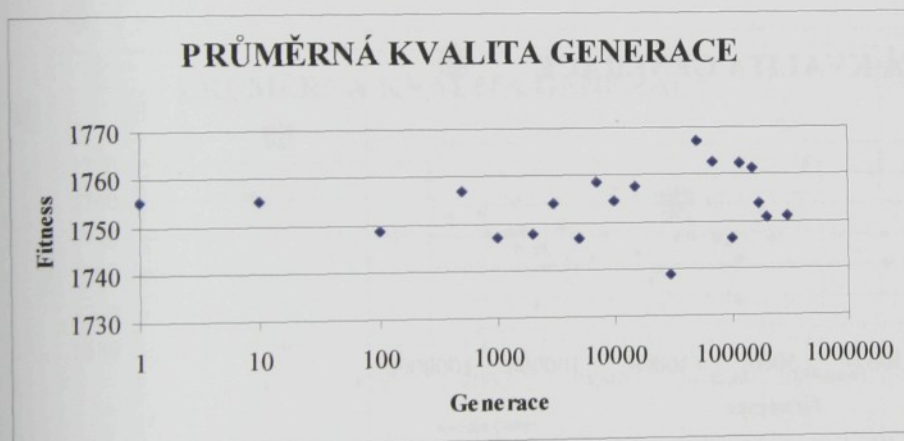
Obr. 10: Průměrná kvalita řetězců v jednotlivých generacích

1.6 POKUS Č. 6

$p_c=0,3$ (pravděpodobnost křížení); $p_m=0,1$ (pravděpodobnost mutace)



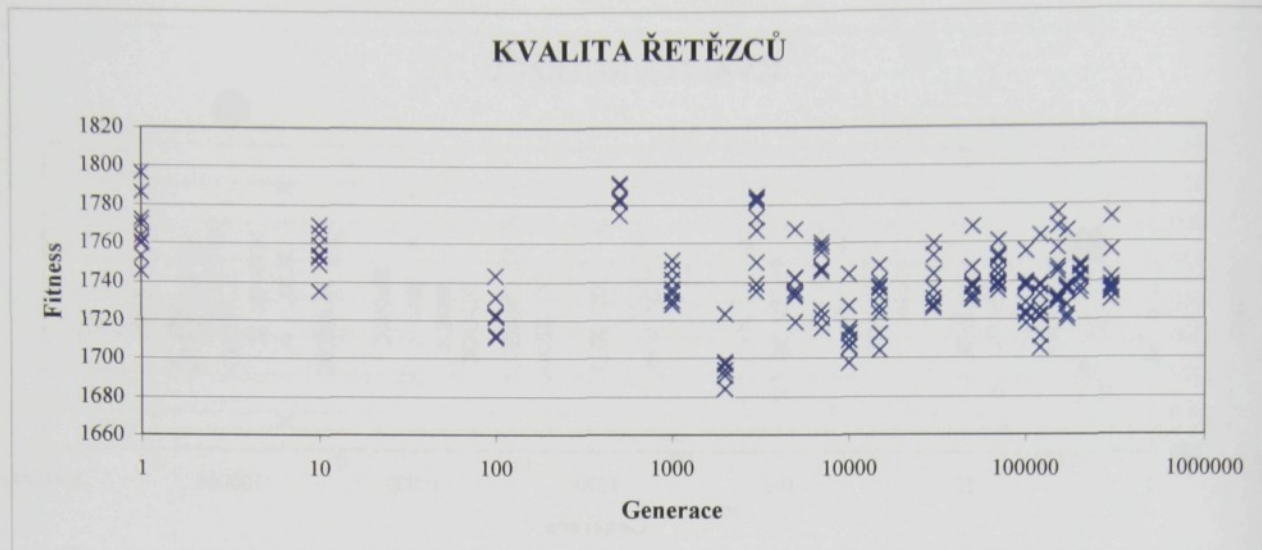
Obr. 11: Grafické znázornění kvality řetězců



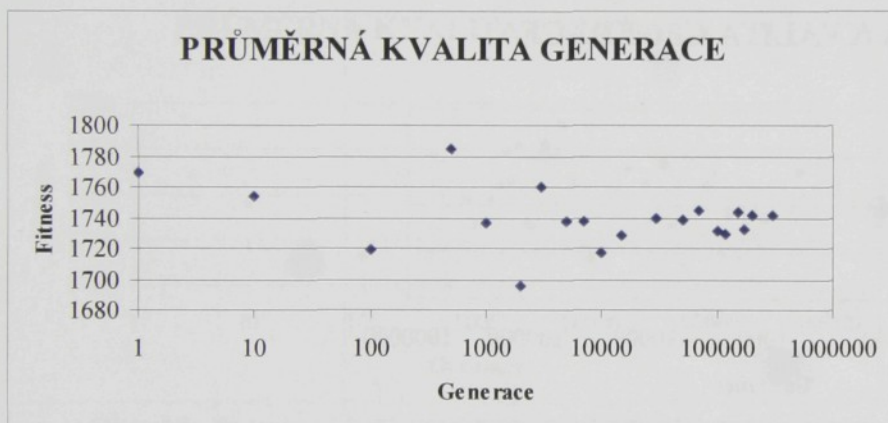
Obr. 12: Průměrná kvalita řetězců v jednotlivých generacích

1.7 POKUS Č. 7

$p_c=0,3$ (pravděpodobnost křížení); $p_m=0,01$ (pravděpodobnost mutace)



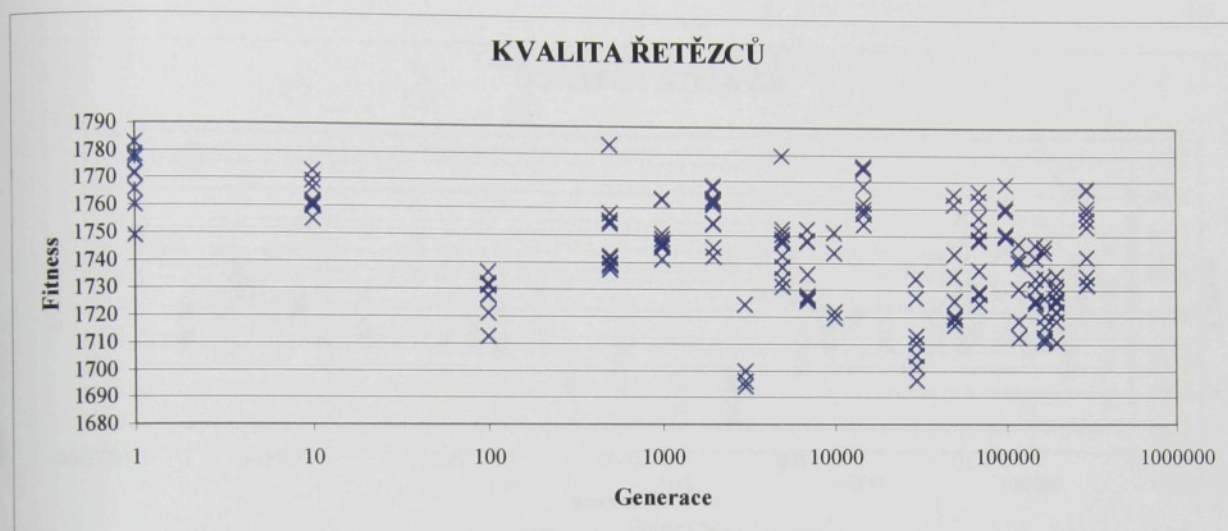
Obr. 13: Grafické znázornění kvality řetězců



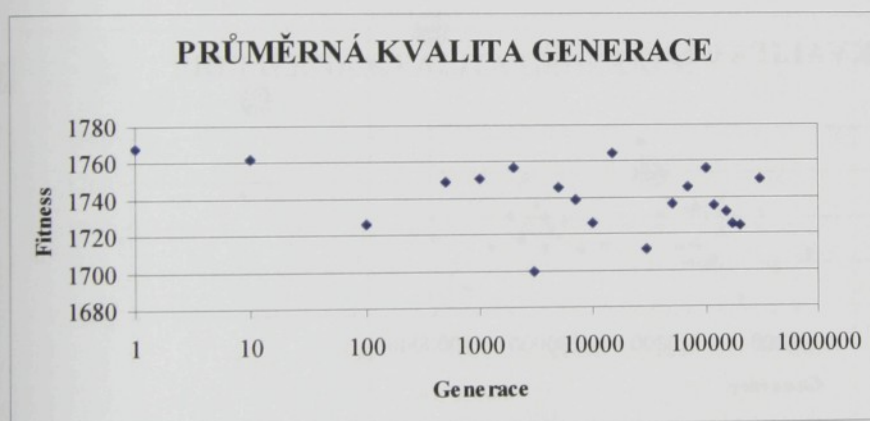
Obr. 14: Průměrná kvalita řetězců v jednotlivých generacích

1.8 POKUS Č. 8

$p_c=0,3$ (pravděpodobnost křížení); $p_m=0,01$ (pravděpodobnost mutace)



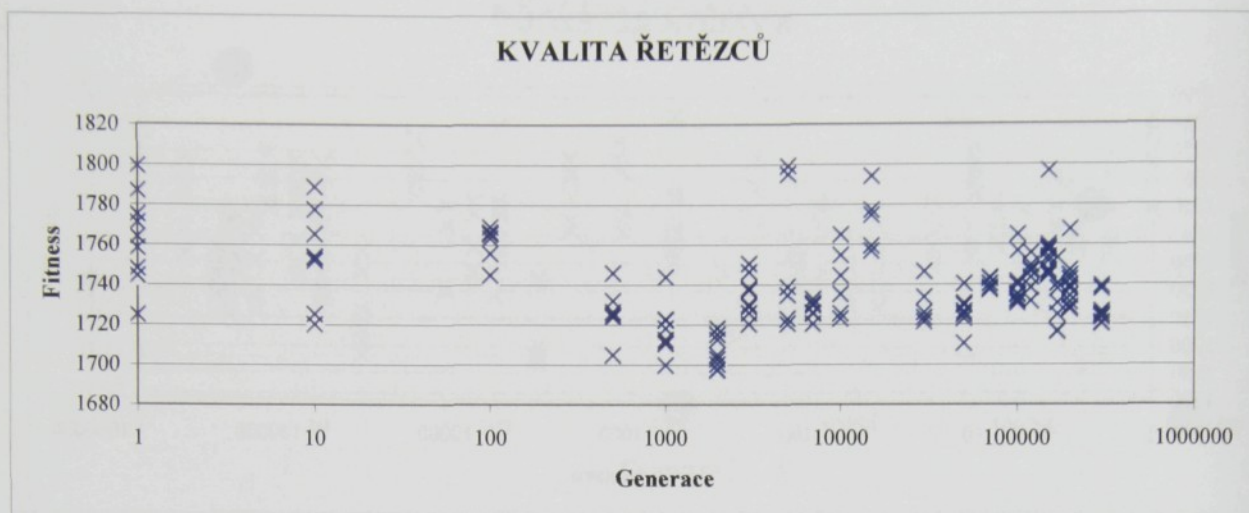
Obr. 15: Grafické znázornění kvality řetězců



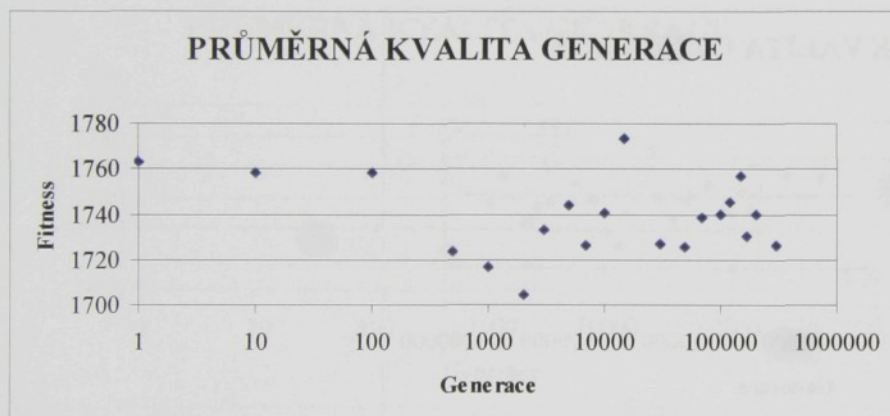
Obr. 16: Průměrná kvalita řetězců v jednotlivých generacích

1.9 POKUS Č. 9

$p_c=0,3$ (pravděpodobnost křížení); $p_m=0,01$ (pravděpodobnost mutace)



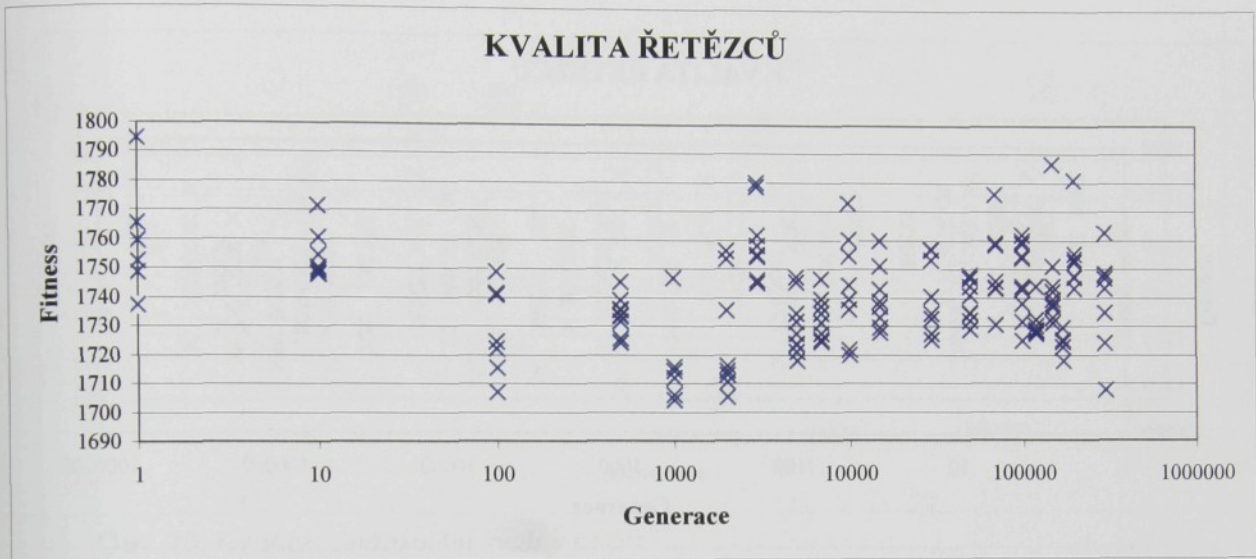
Obr. 17: Grafické znázornění kvality řetězců



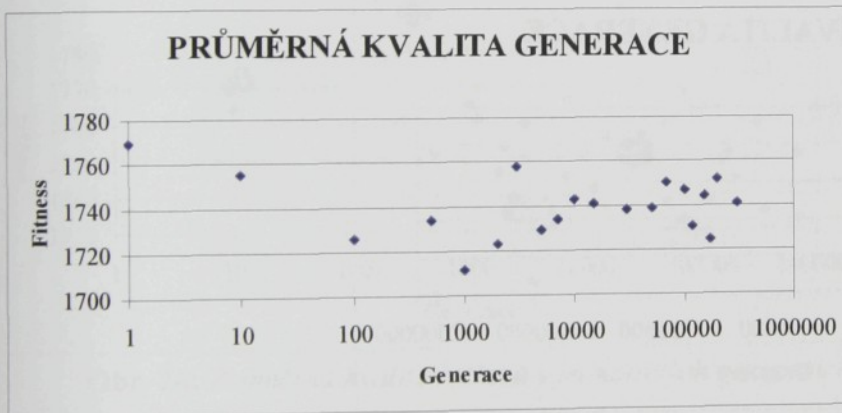
Obr. 18: Průměrná kvalita řetězců v jednotlivých generacích

1.10 POKUS Č. 10

$p_c=0,3$ (pravděpodobnost křížení); $p_m=0,01$ (pravděpodobnost mutace)



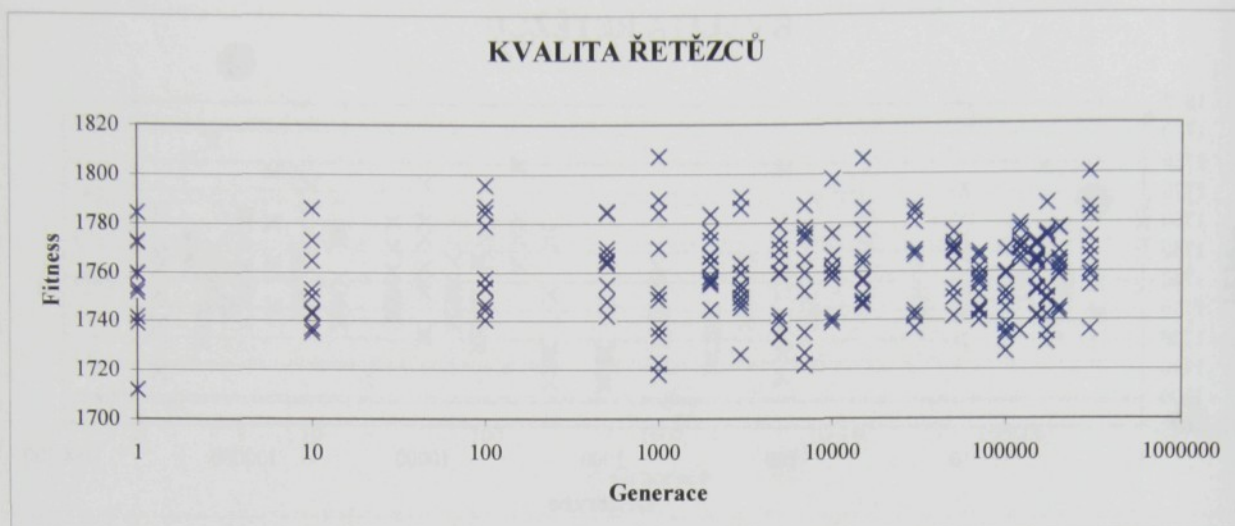
Obr. 19: Grafické znázornění kvality řetězců



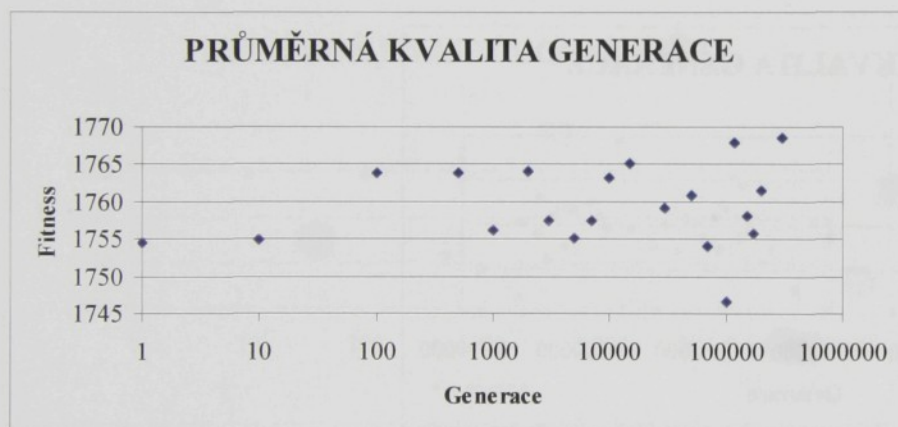
Obr. 20: Průměrná kvalita řetězců v jednotlivých generacích

1.11 POKUS Č. 11

$p_c=0,6$ (pravděpodobnost křížení); $p_m=0,1$ (pravděpodobnost mutace)



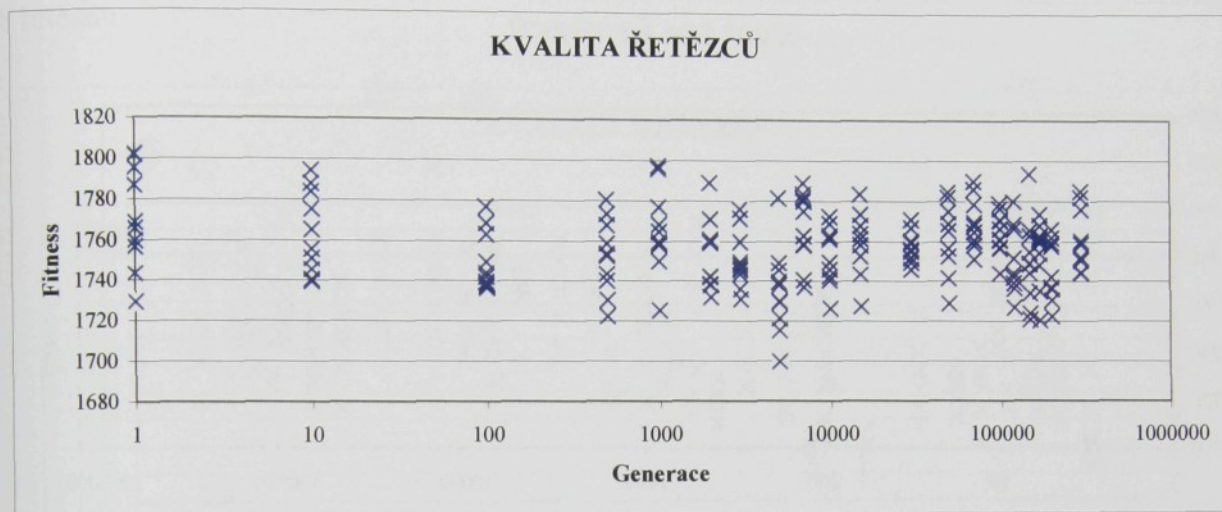
Obr. 21: Grafické znázornění kvality řetězců



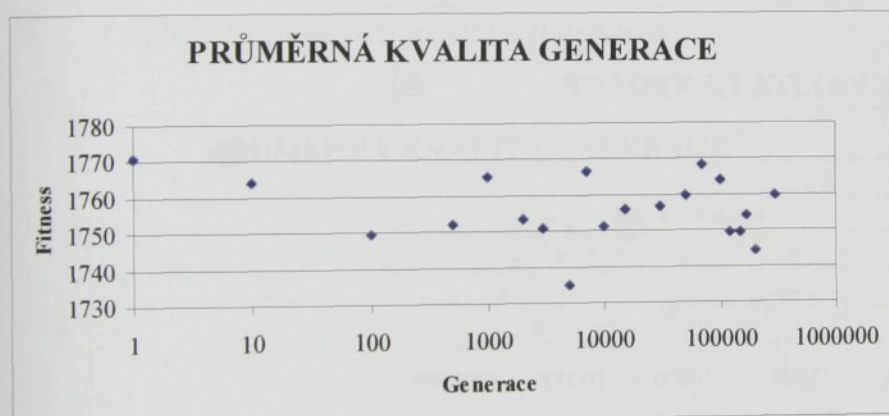
Obr. 22: Průměrná kvalita řetězců v jednotlivých generacích

1.12 POKUS Č. 12

$p_c=0,6$ (pravděpodobnost křížení); $p_m=0,1$ (pravděpodobnost mutace)



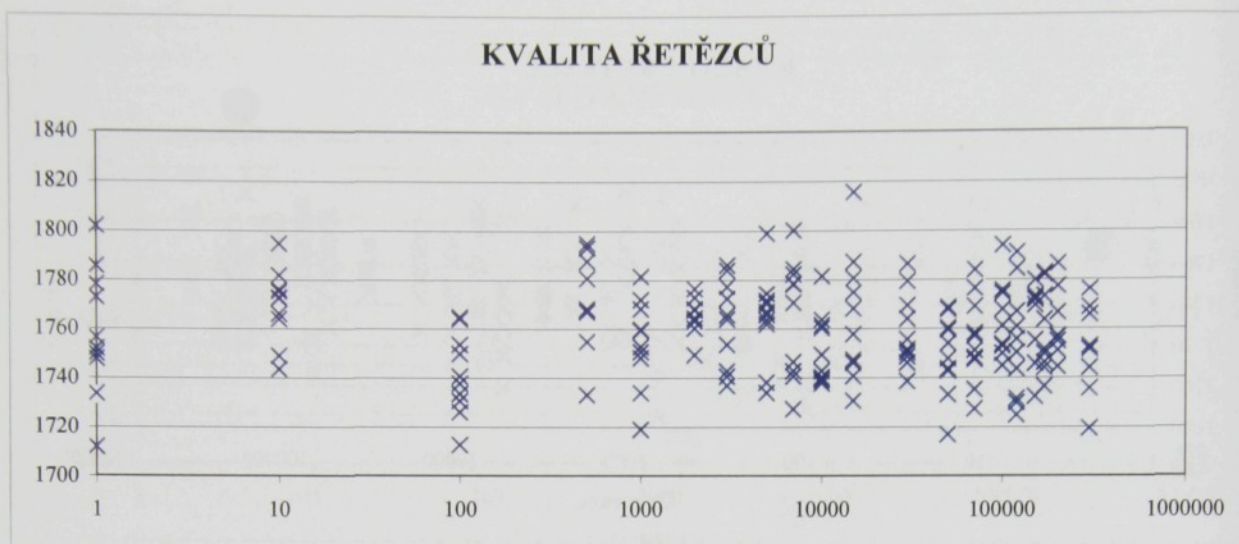
Obr. 23: Grafické znázornění kvality řetězců



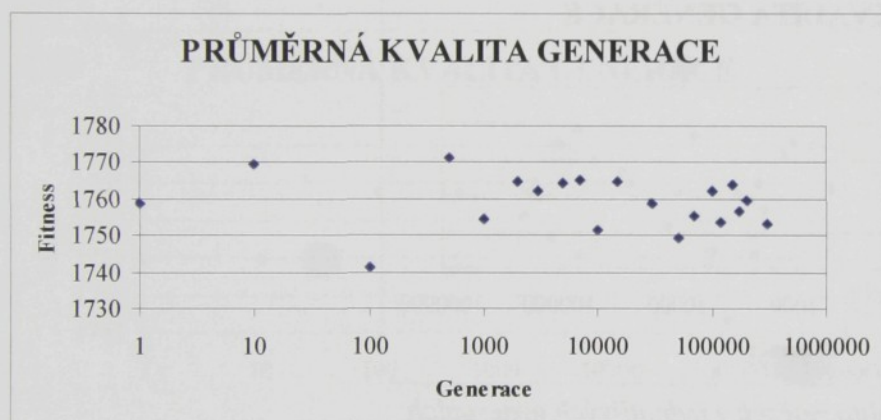
Obr. 24: Průměrná kvalita řetězců v jednotlivých generacích

1.13 POKUS Č. 13

$p_c=0,6$ (pravděpodobnost křížení); $p_m=0,1$ (pravděpodobnost mutace)



Obr. 25: Grafické znázornění kvality řetězců

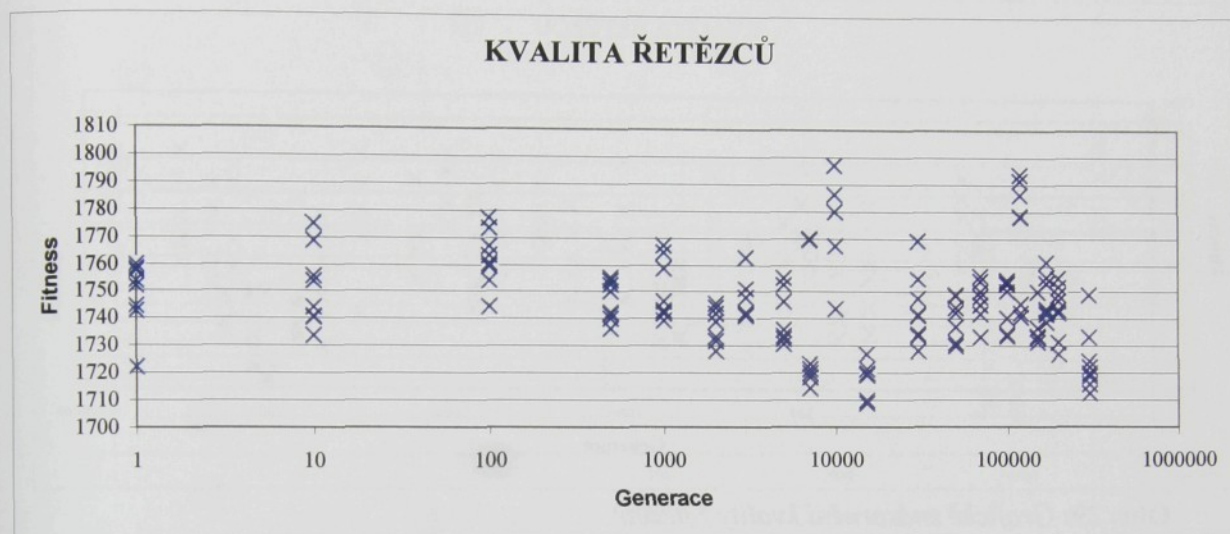


Obr. 26: Průměrná kvalita řetězců v jednotlivých generacích

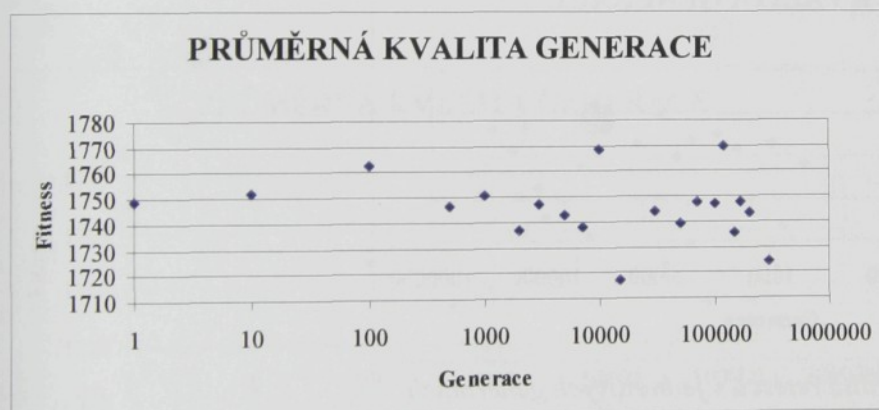
1.14 POKUS Č. 14

$p_c=0,6$ (pravděpodobnost křížení); $p_m=0,01$ (pravděpodobnost mutace)

8 řetězců



Obr. 27: Grafické znázornění kvality řetězců

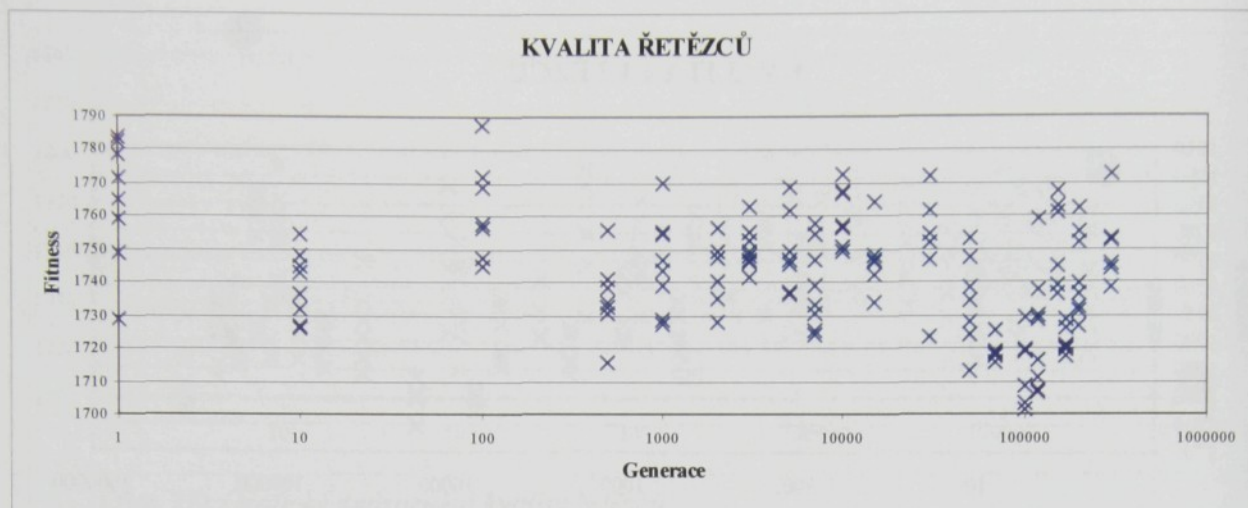


Obr. 28: Průměrná kvalita řetězců v jednotlivých generacích

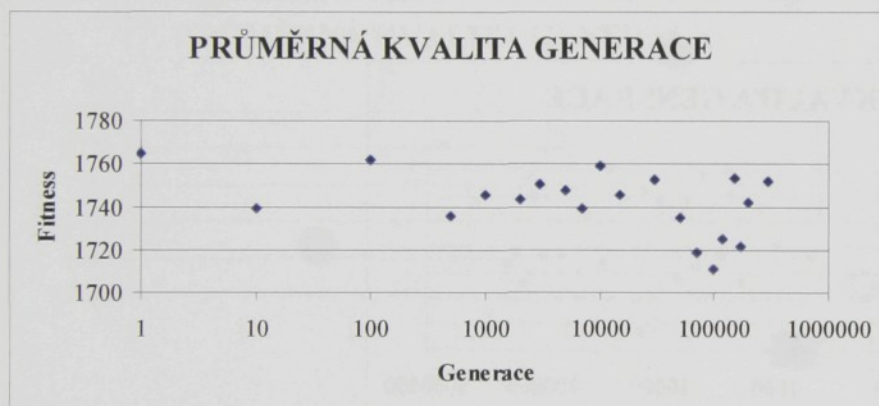
1.15 POKUS Č. 15

$p_c=0,6$ (pravděpodobnost křížení); $p_m=0,01$ (pravděpodobnost mutace)

8 řetězců



Obr. 29: Grafické znázornění kvality řetězců

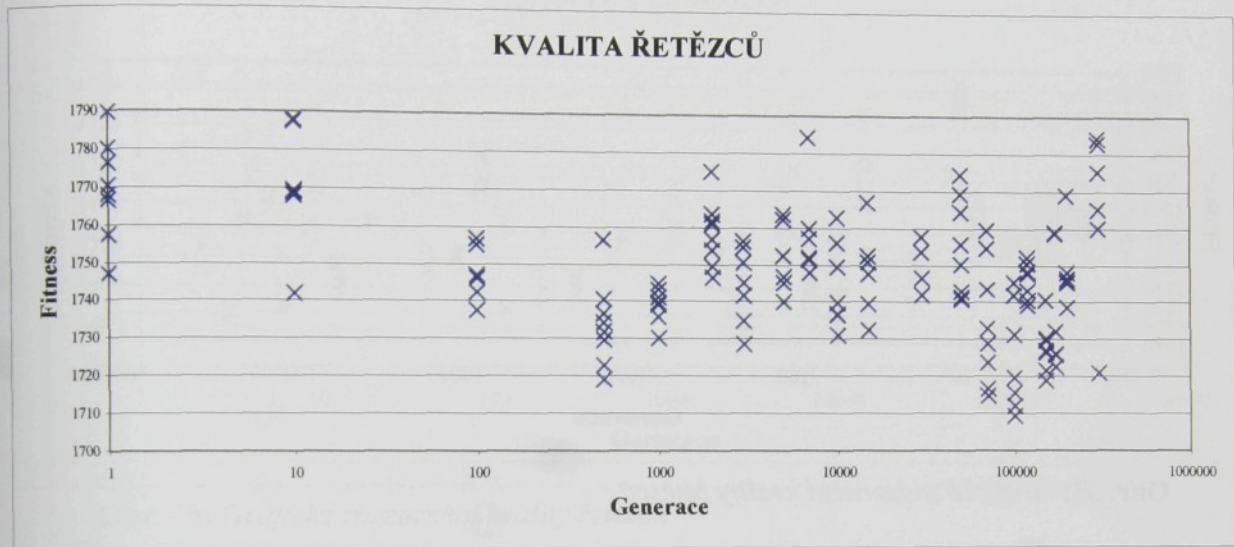


Obr. 30: Průměrná kvalita řetězců v jednotlivých generacích

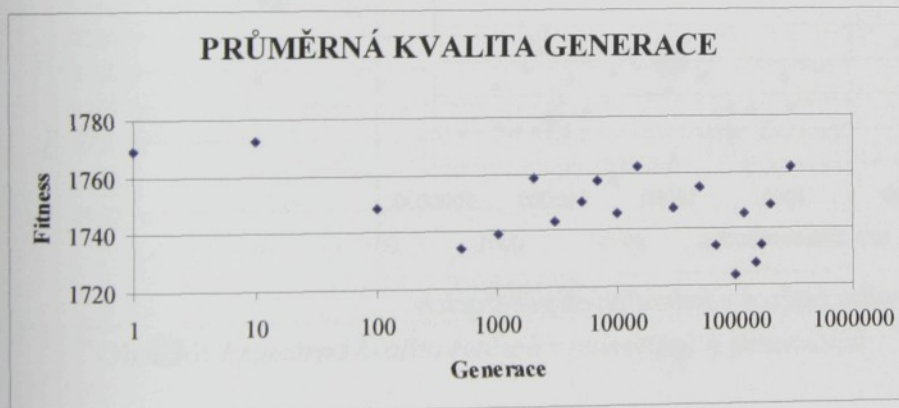
1.16 POKUS Č. 16

$p_c=0,6$ (pravděpodobnost křížení); $p_m=0,01$ (pravděpodobnost mutace)

8 řetězců



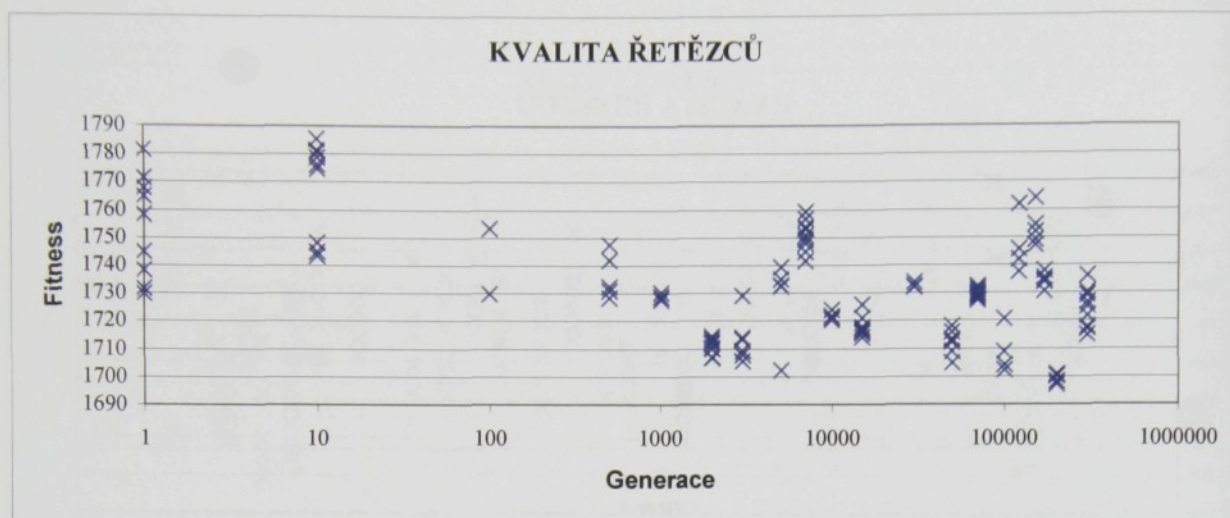
Obr. 31: Grafické znázornění kvality řetězců



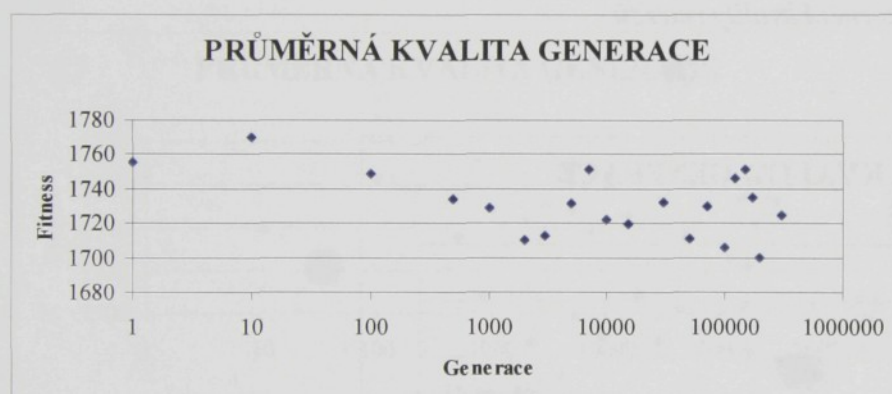
Obr. 32: Průměrná kvalita řetězců v jednotlivých generacích

1.17 POKUS Č. 17

$p_c=0,6$ (pravděpodobnost křížení); $p_m=0,001$ (pravděpodobnost mutace)



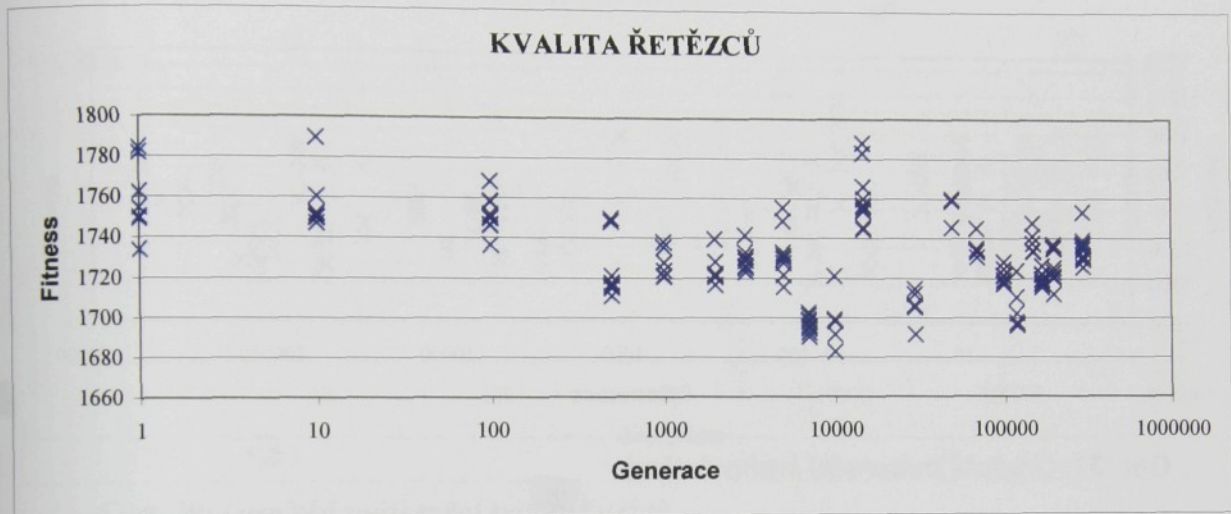
Obr. 33: Grafické znázornění kvality řetězců



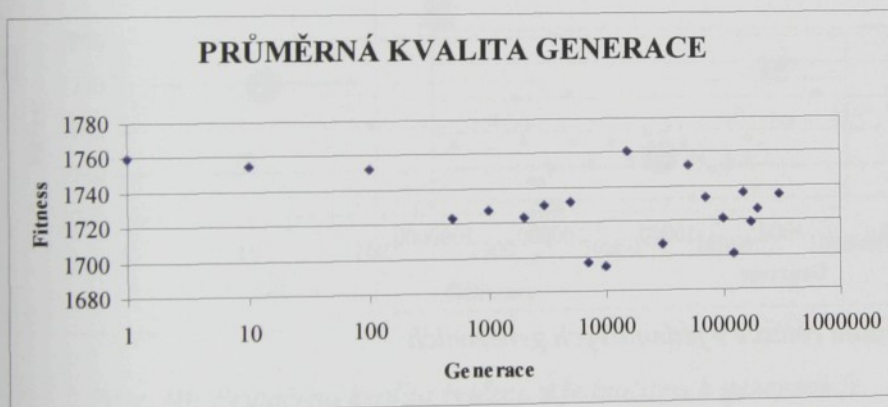
Obr. 34: Průměrná kvalita řetězců v jednotlivých generacích

1.18 POKUS Č. 18

$p_c=0,6$ (pravděpodobnost křížení); $p_m=0,001$ (pravděpodobnost mutace)



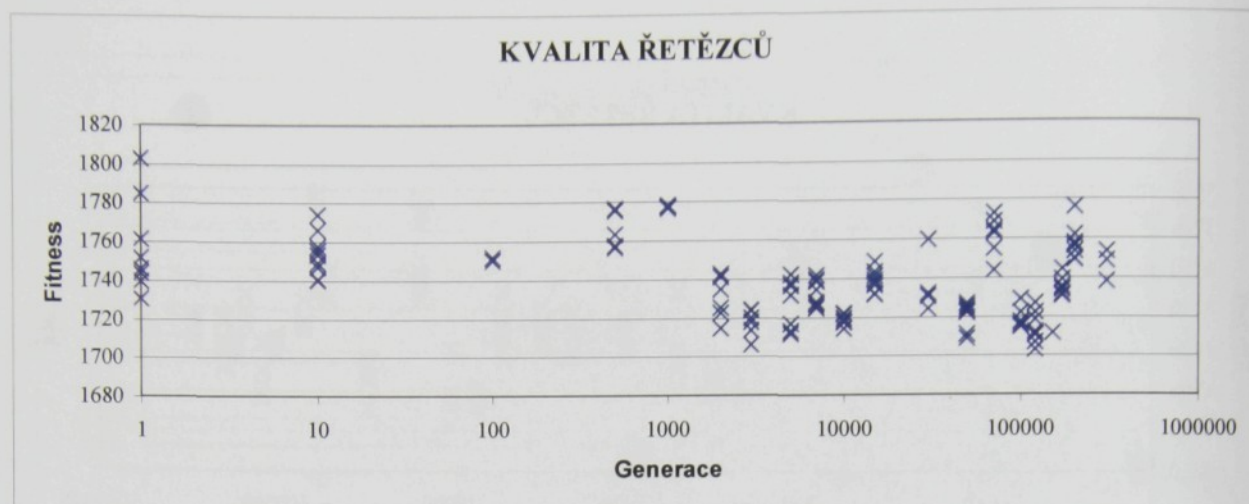
Obr. 35: Grafické znázornění kvality řetězců



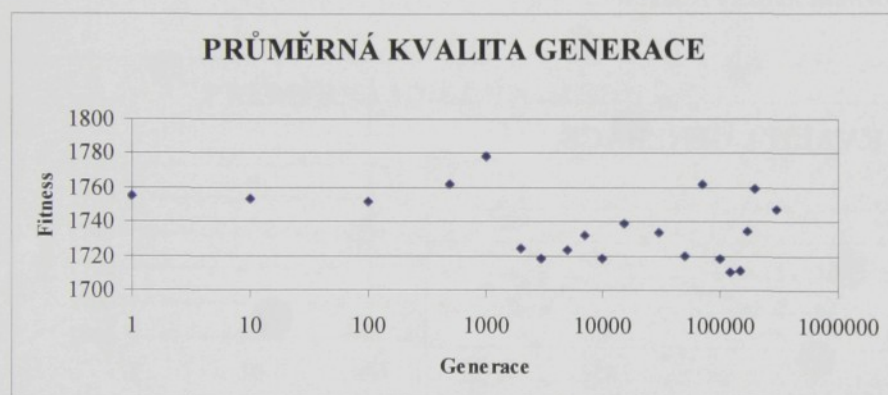
Obr. 36: Průměrná kvalita řetězců v jednotlivých generacích

1.19 POKUS Č. 19

$p_c=0,6$ (pravděpodobnost křížení); $p_m=0,001$ (pravděpodobnost mutace)



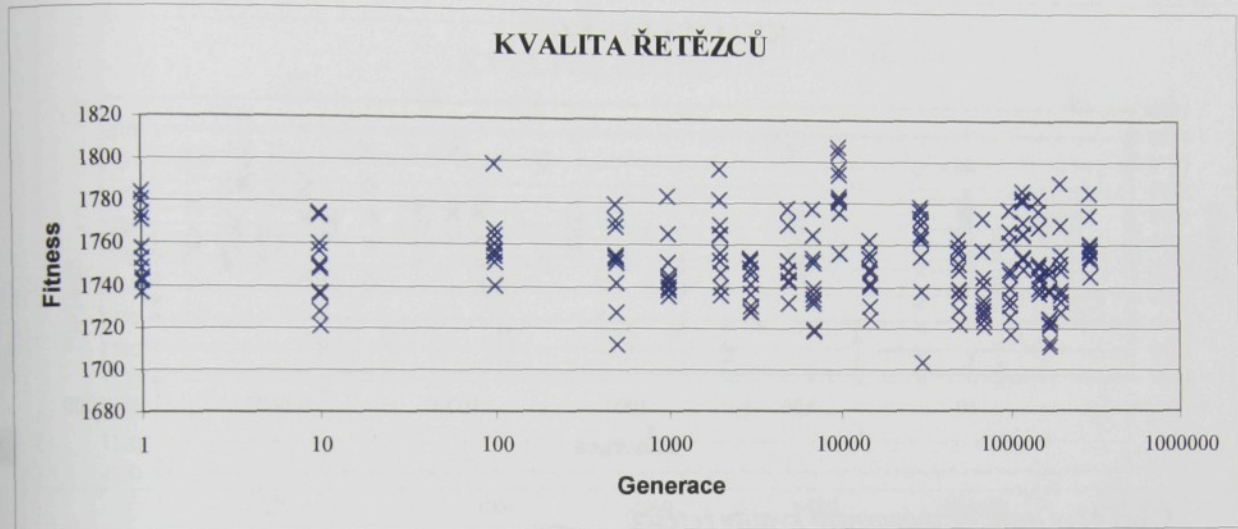
Obr. 37: Grafické znázornění kvality řetězců



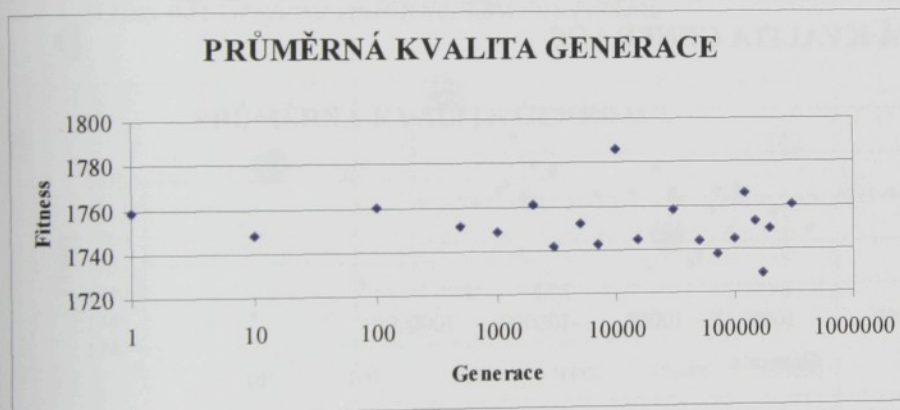
Obr. 38: Průměrná kvalita řetězců v jednotlivých generacích

1.20 POKUS Č. 20

$p_c=0,6$ (pravděpodobnost křížení); $p_m=0,05$ (pravděpodobnost mutace)



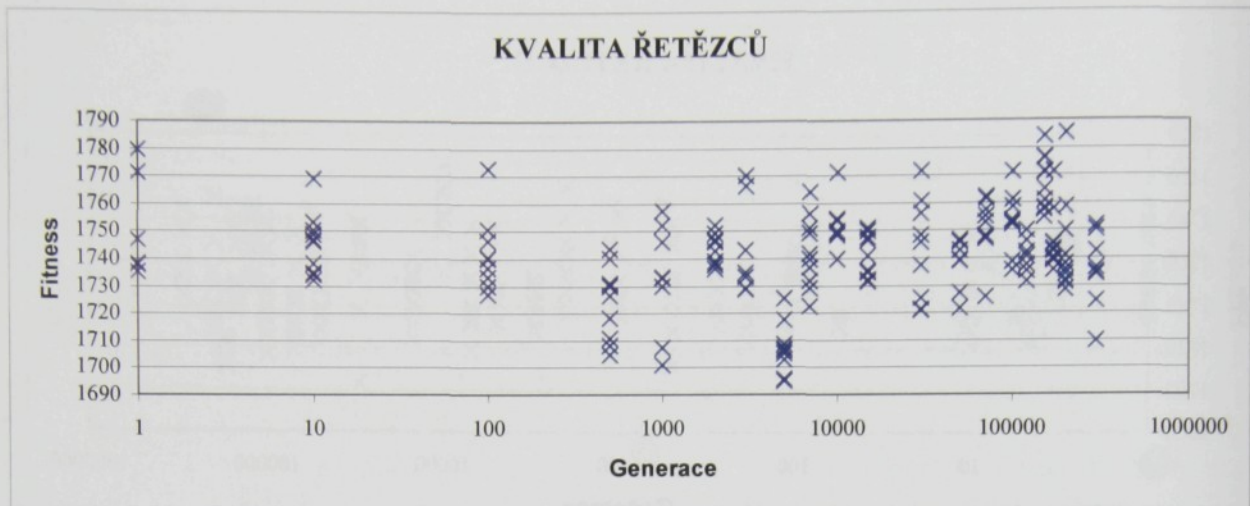
Obr. 39: Grafické znázornění kvality řetězců



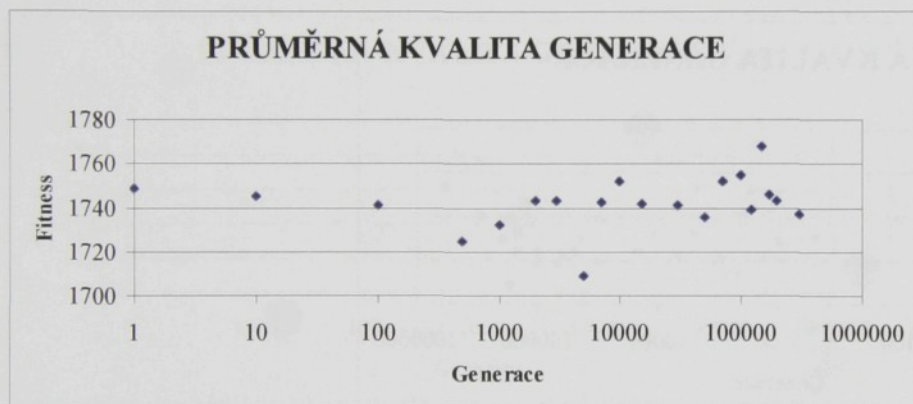
Obr. 40: Průměrná kvalita řetězců v jednotlivých generacích

1.21 POKUS Č. 21

$p_c=0,6$ (pravděpodobnost křížení); $p_m=0,01$ (pravděpodobnost mutace)



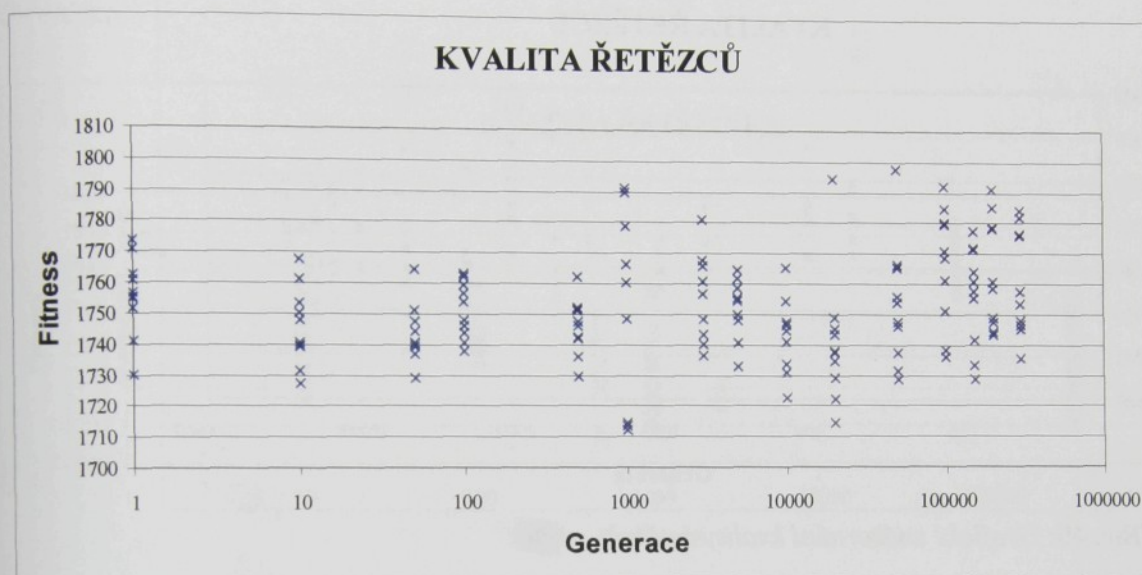
Obr. 41: Grafické znázornění kvality řetězců



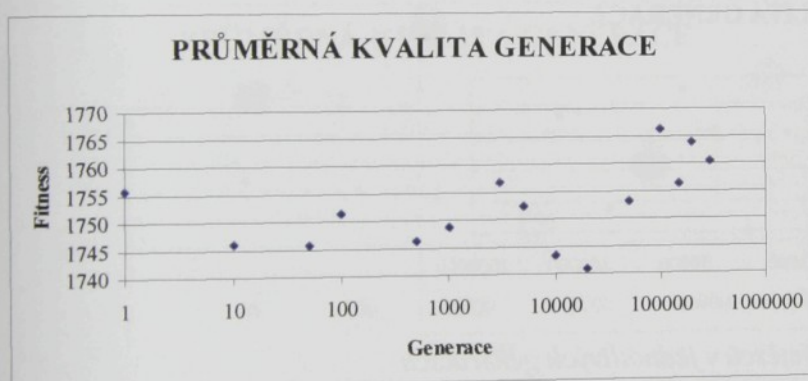
Obr. 42: Průměrná kvalita řetězců v jednotlivých generacích

1.22 POKUS Č. 22

$p_c=0,6$ (pravděpodobnost křížení); $p_m=0,01$ (pravděpodobnost mutace)



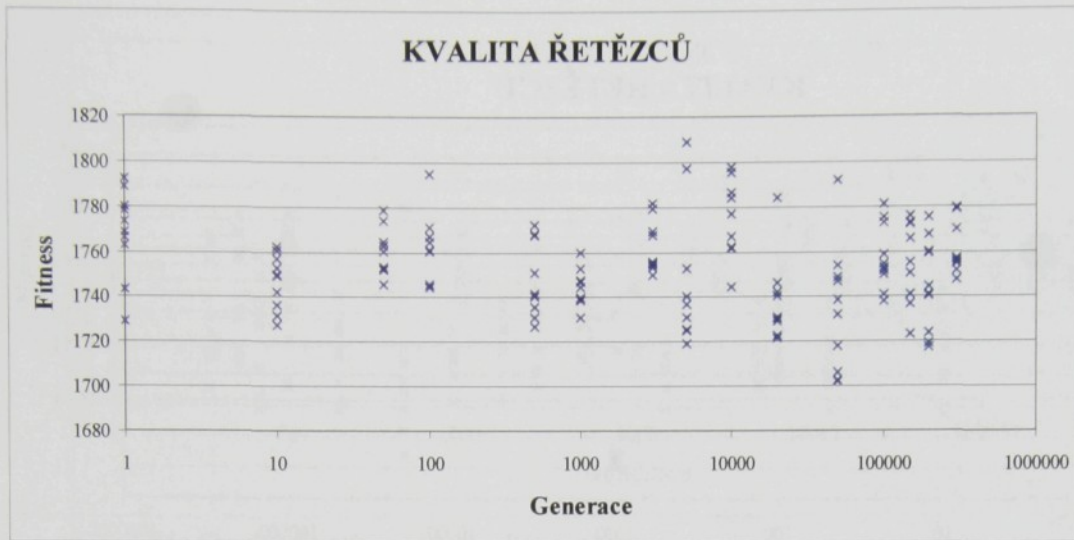
Obr. 43: Grafické znázornění kvality řetězců



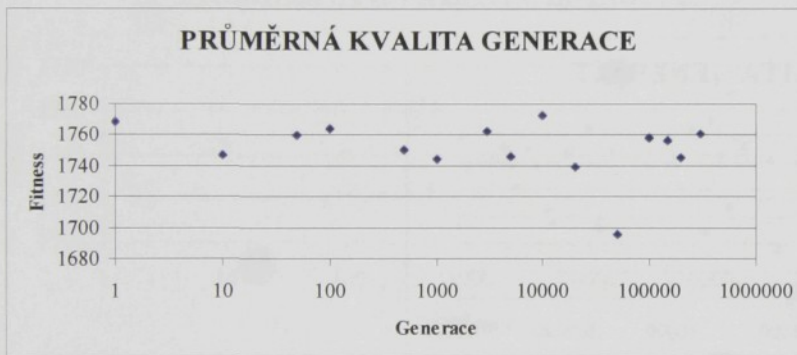
Obr. 44: Průměrná kvalita řetězců v jednotlivých generacích

1.23 POKUS Č. 23

$p_c=0,6$ (pravděpodobnost křížení); $p_m=0,01$ (pravděpodobnost mutace)



Obr. 45: Grafické znázornění kvality řetězců

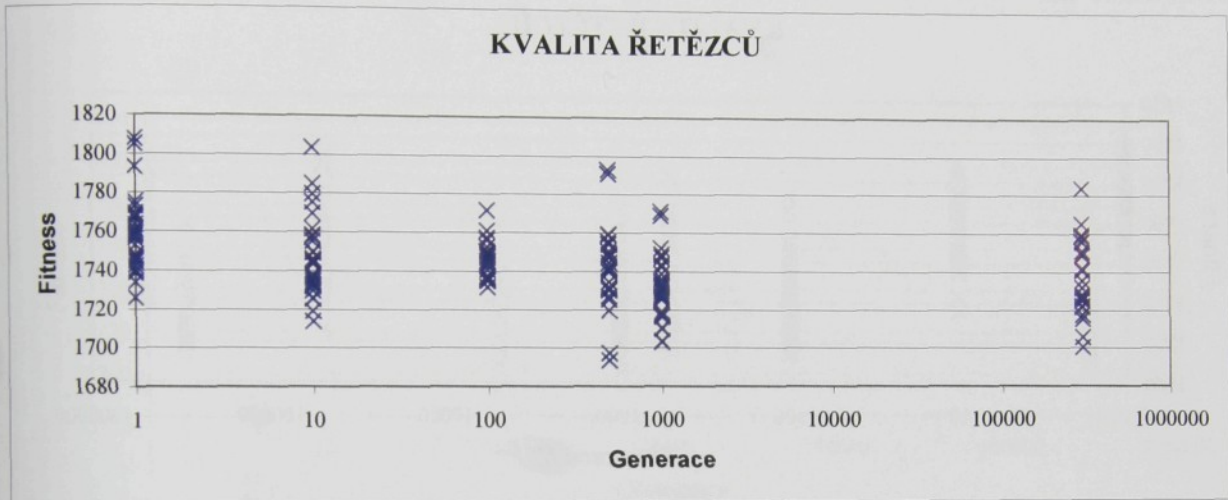


Obr. 46: Průměrná kvalita řetězců v jednotlivých generacích

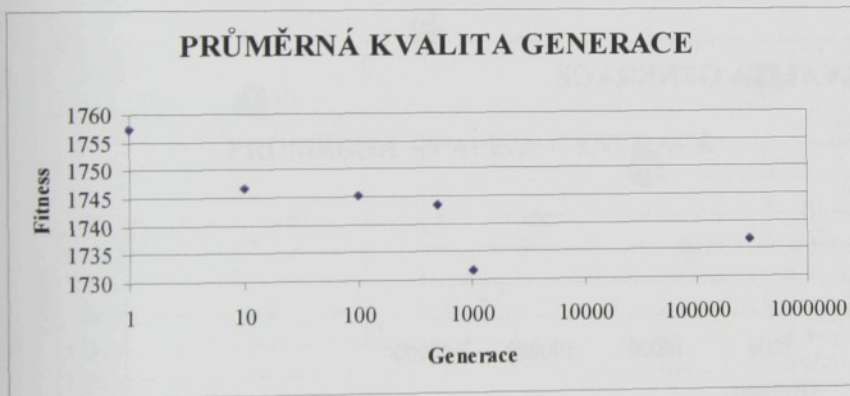
1.24 POKUS Č. 24

$p_c=0,6$ (pravděpodobnost křížení); $p_m=0,01$ (pravděpodobnost mutace)

30 řetězců



Obr. 47: Grafické znázornění kvality řetězců

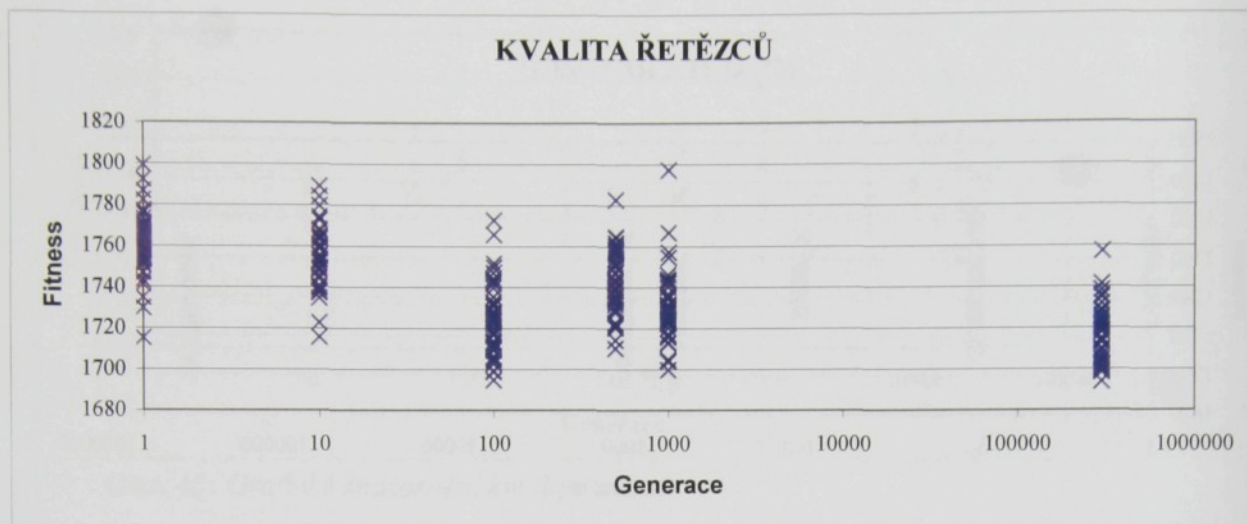


Obr. 48: Průměrná kvalita řetězců v jednotlivých generacích

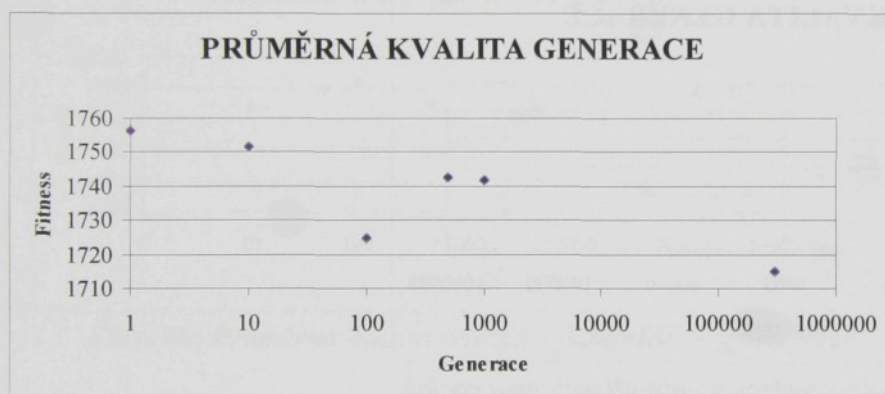
1.25 POKUS Č. 25

$p_c=0,6$ (pravděpodobnost křížení); $p_m=0,01$ (pravděpodobnost mutace)

50 řetězců



Obr. 49: Grafické znázornění kvality řetězců

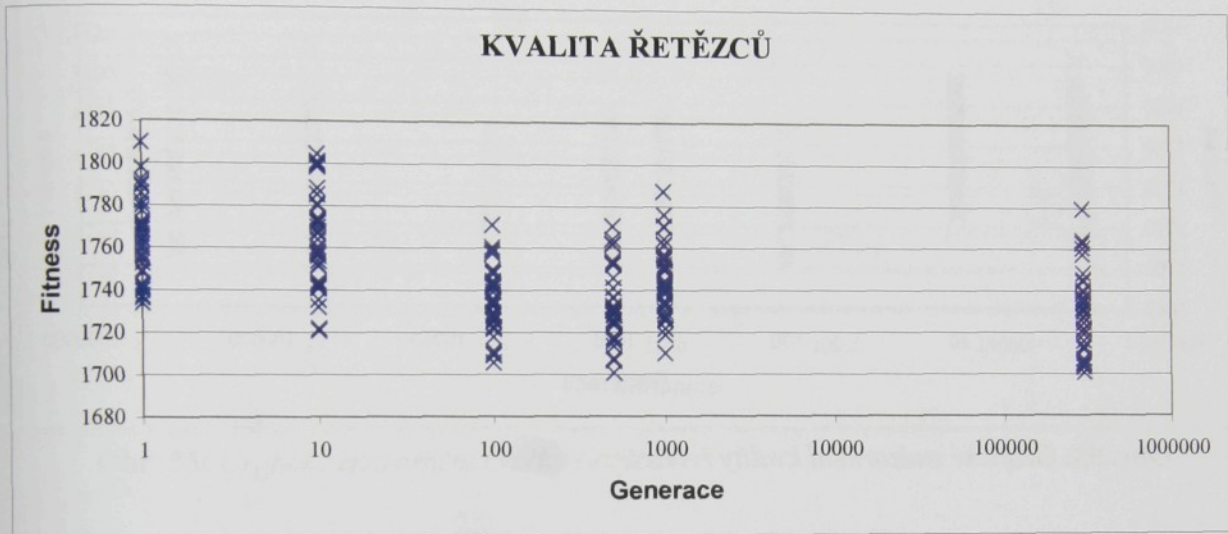


Obr. 50: Průměrná kvalita řetězců v jednotlivých generacích

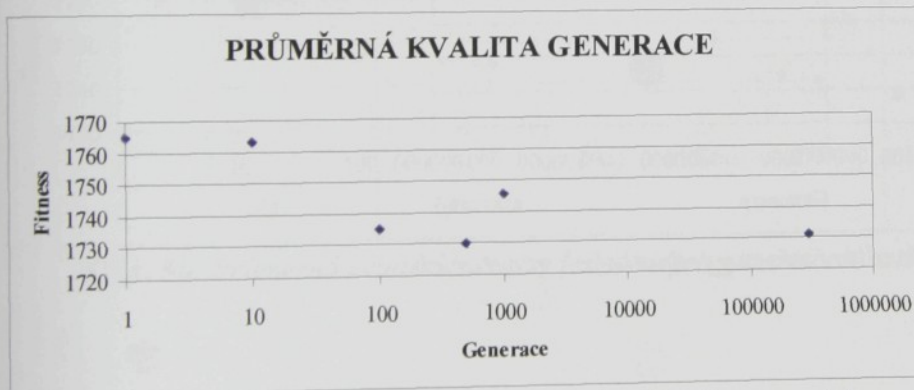
1.26 POKUS Č. 26

$p_c=0,6$ (pravděpodobnost křížení); $p_m=0,01$ (pravděpodobnost mutace)

40 řetězců



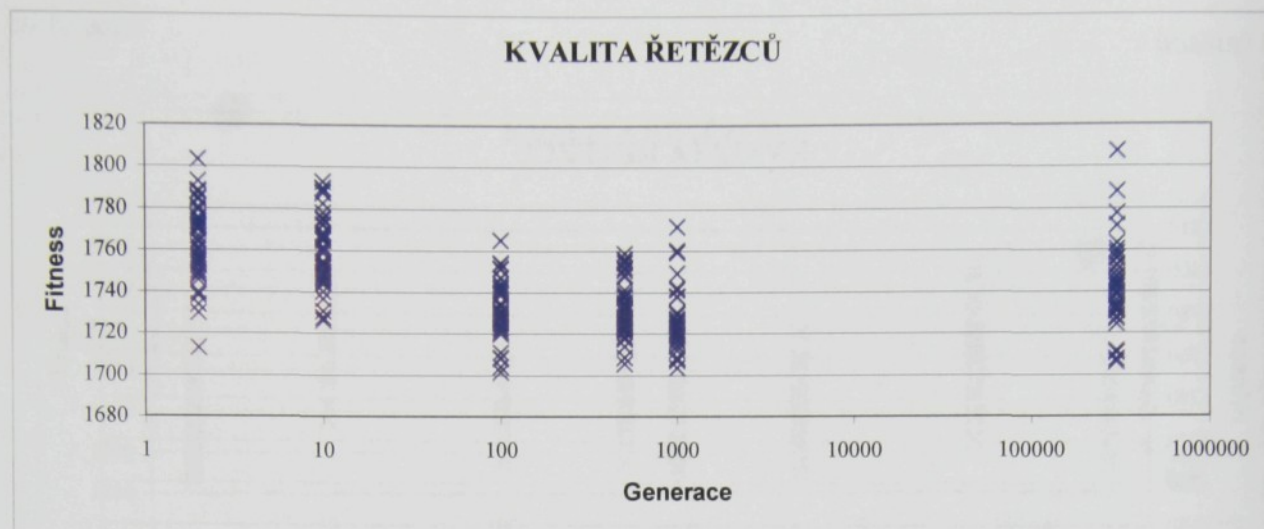
Obr. 51: Grafické znázornění kvality řetězců



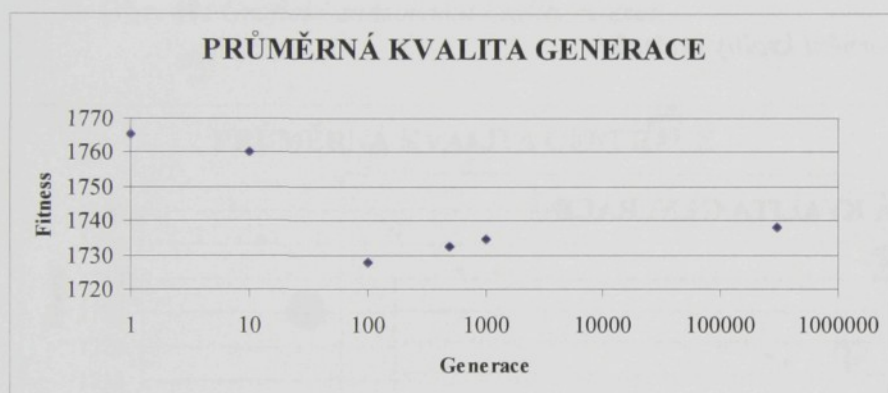
Obr. 52: Průměrná kvalita řetězců v jednotlivých generacích

1.27 POKUS Č. 27

$p_c=0,6$ (pravděpodobnost křížení); $p_m=0,01$ (pravděpodobnost mutace)



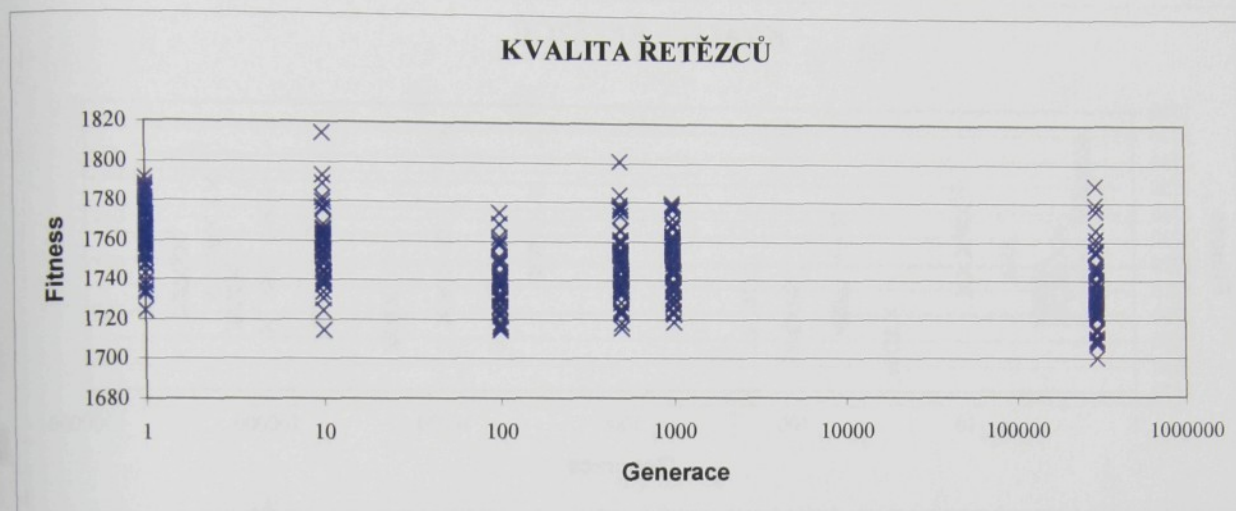
Obr. 53: Grafické znázornění kvality řetězců



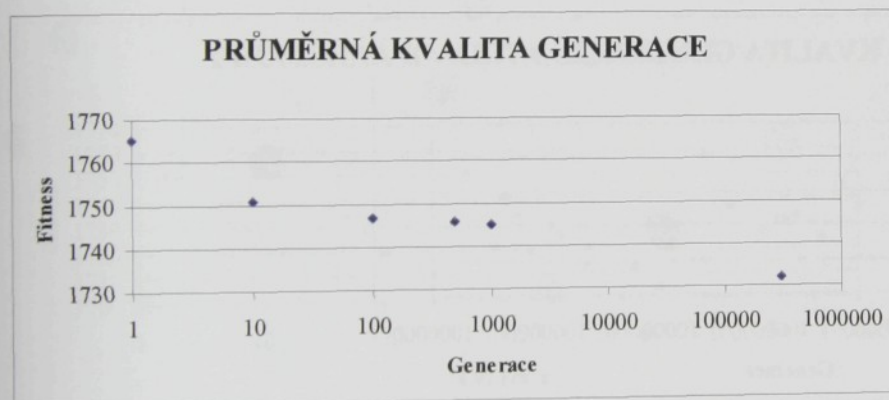
Obr. 54: Průměrná kvalita řetězců v jednotlivých generacích

1.28 POKUS Č. 28

$p_c=0,6$ (pravděpodobnost křížení); $p_m=0,01$ (pravděpodobnost mutace)



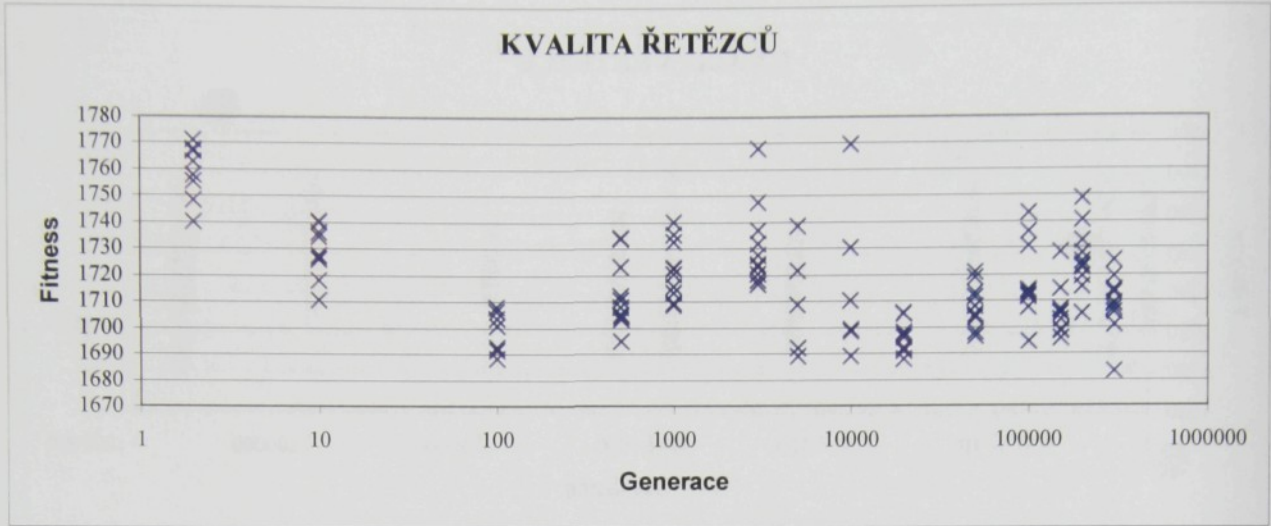
Obr. 55: Grafické znázornění kvality řetězců



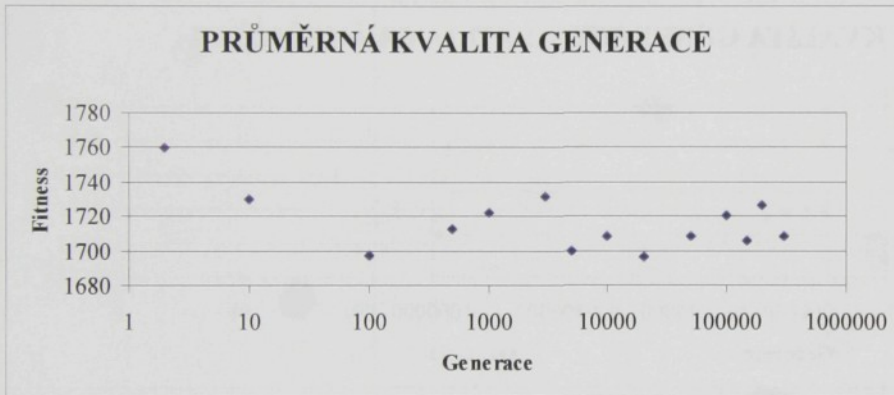
Obr. 56: Průměrná kvalita řetězců v jednotlivých generacích

1.29 POKUS Č. 29

$p_c=0,6$ (pravděpodobnost křížení); $p_m=0,01$ (pravděpodobnost mutace)



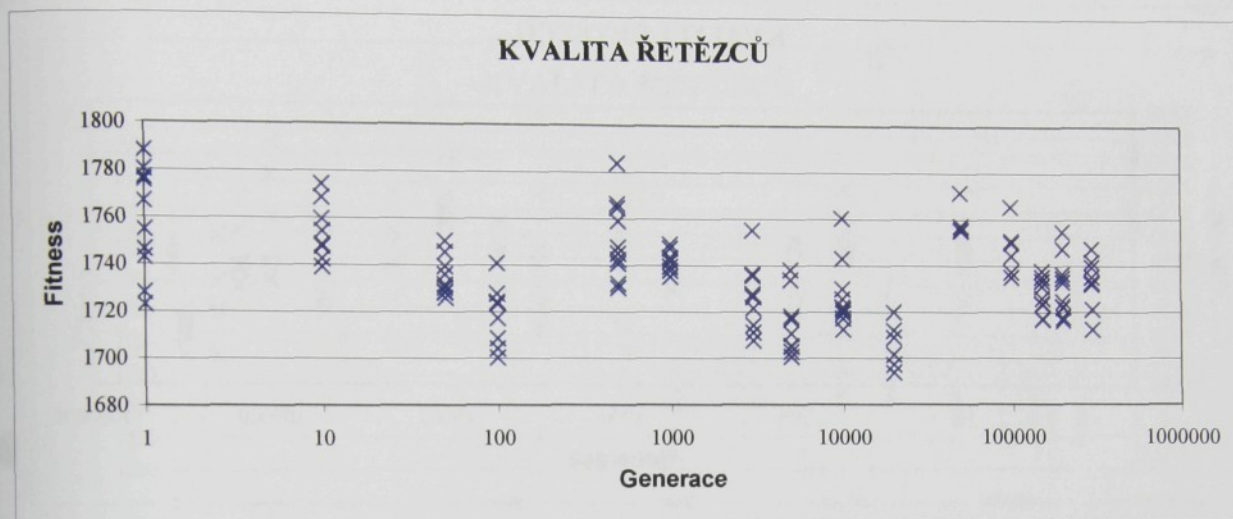
Obr. 57: Grafické znázornění kvality řetězců



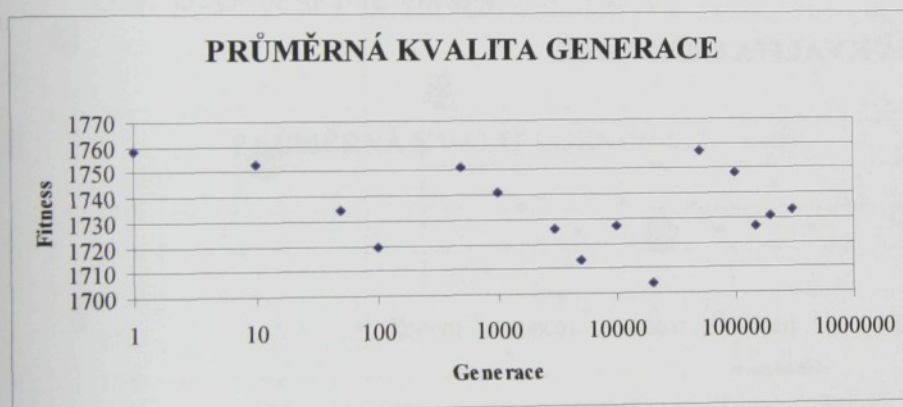
Obr. 58: Průměrná kvalita řetězců v jednotlivých generacích

1.30 POKUS Č. 30

$p_c=0,6$ (pravděpodobnost křížení); $p_m=0,01$ (pravděpodobnost mutace)



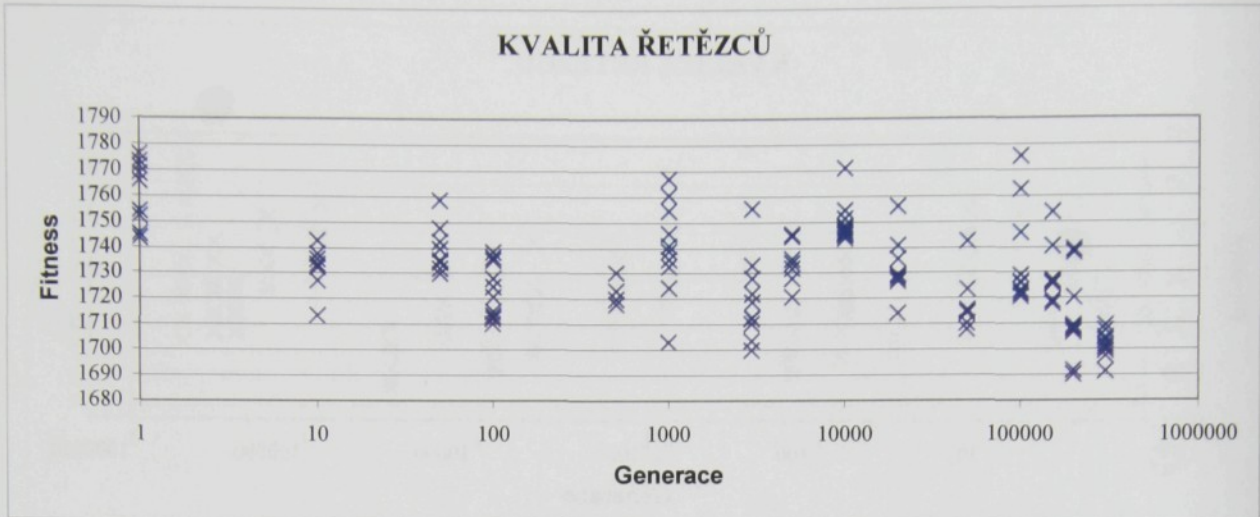
Obr. 59: Grafické znázornění kvality řetězců



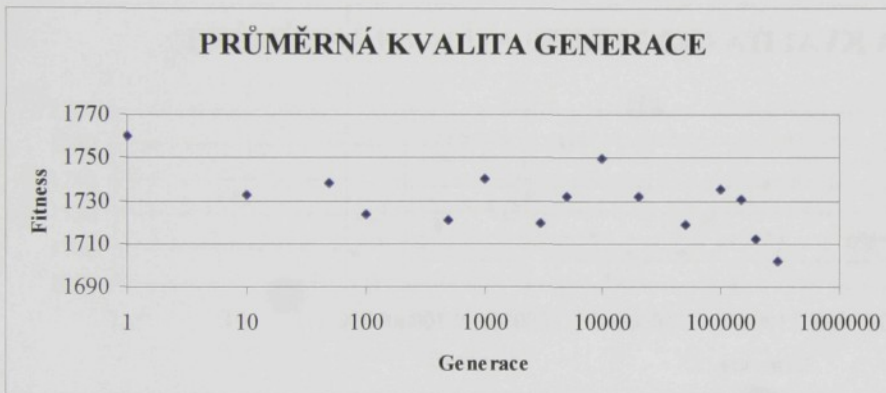
Obr. 60: Průměrná kvalita řetězců v jednotlivých generacích

1.31 POKUS Č. 31

$p_c=0,6$ (pravděpodobnost křížení); $p_m=0,01$ (pravděpodobnost mutace)



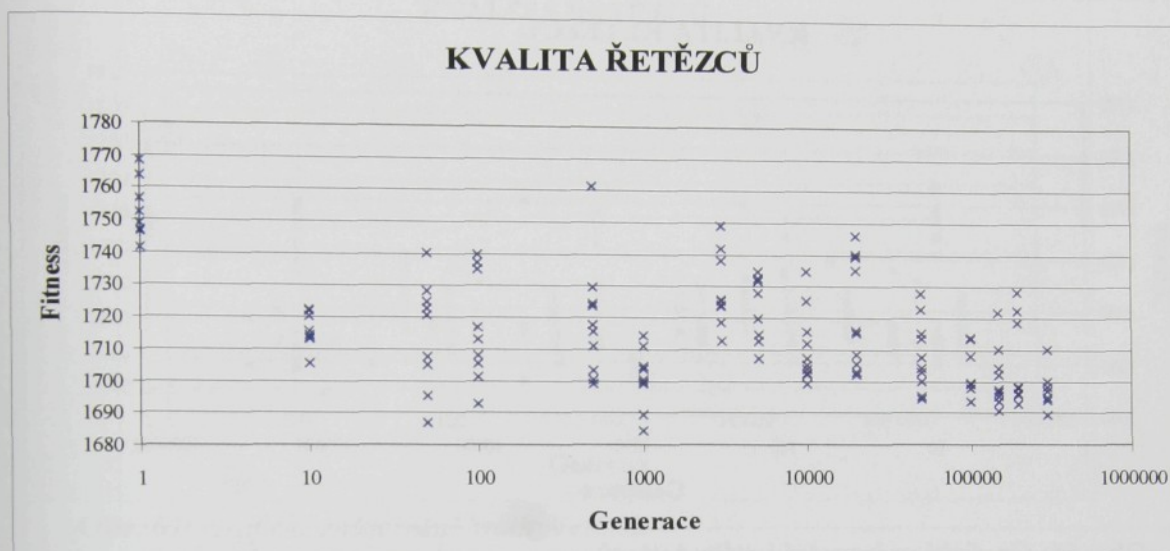
Obr. 61: Grafické znázornění kvality řetězců



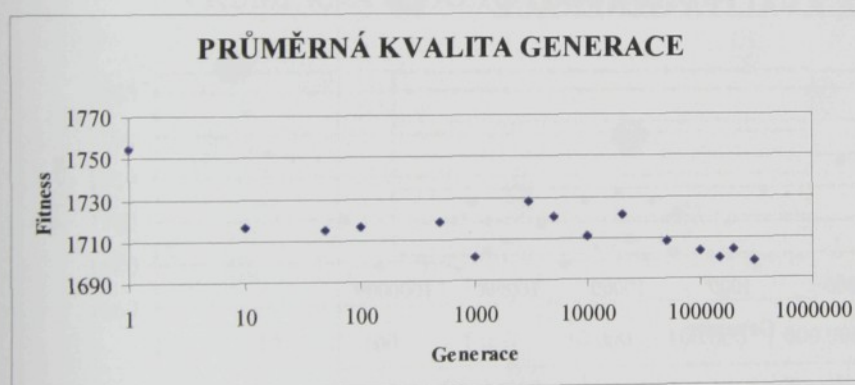
Obr. 62: Průměrná kvalita řetězců v jednotlivých generacích

1.32 POKUS Č. 32

$p_c=0,6$ (pravděpodobnost křížení); $p_m=0,01$ (pravděpodobnost mutace)
 penal. koef. = 1,01



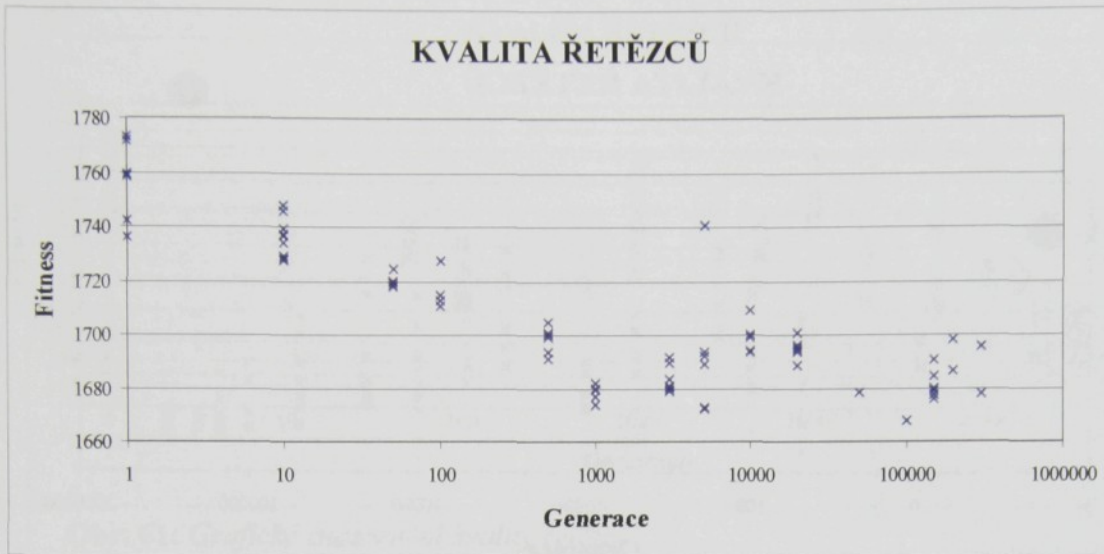
Obr. 63: Grafické znázornění kvality řetězců



Obr. 64: Průměrná kvalita řetězců v jednotlivých generacích

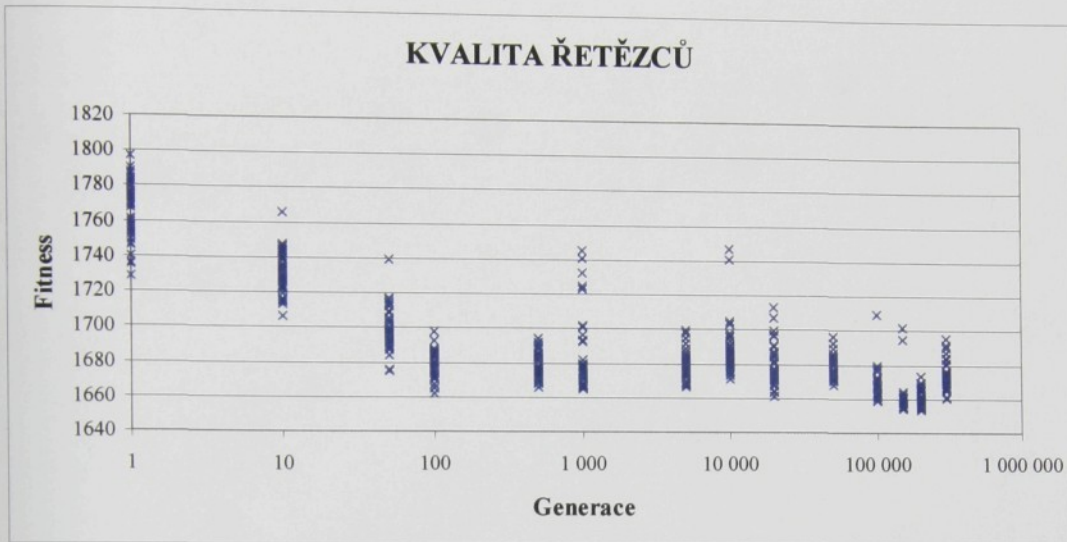
1.33 POKUS Č. 33

$p_c=0,6$ (pravděpodobnost křížení); $p_m=0,01$ (pravděpodobnost mutace)
penal. koef. = 1,01

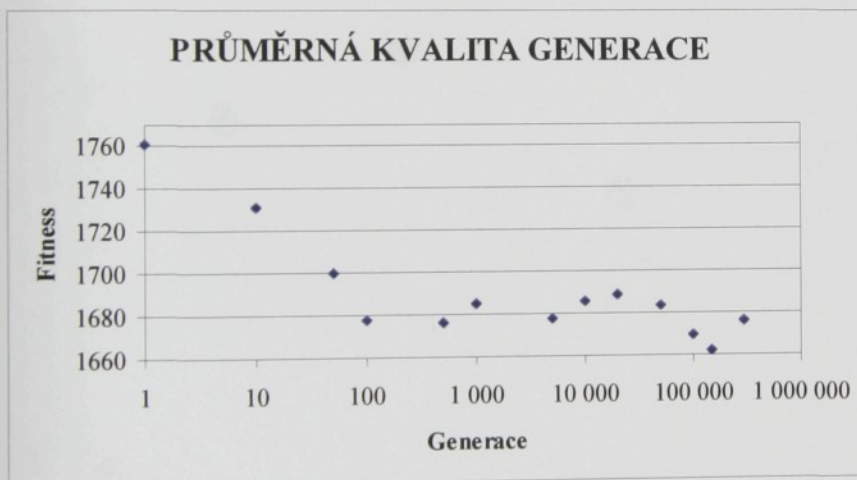


1.34 POKUS Č. 34

$p_c=0,6$ (pravděpodobnost křížení); $p_m=0,001$ (pravděpodobnost mutace)
penal. koef. = 1,01 50 řetězců



Obr. 67: Grafické znázornění kvality řetězců



Obr. 68: Průměrná kvalita řetězců v jednotlivých generacích

U.600 T