
Vers une meilleure intégration de l'utilisabilité dans les processus de conception : apports de l'ingénierie dirigée par les modèles

Carine Lallemand

Centre de Recherche Public Henri Tudor
29, avenue John F. Kennedy
L-1855 Luxembourg, Luxembourg
carine.lallemand@tudor.lu

Catégorie de soumission : rencontres doctorales

RÉSUMÉ

Bien que les bénéfices de l'utilisabilité aient été largement démontrés pour l'amélioration de la qualité des logiciels, les entreprises spécialisées rencontrent toujours des difficultés à introduire les pratiques d'utilisabilité dans leurs cycles de développement. Cet article décrit la démarche générale d'une méthodologie que nous souhaitons déployer pour tenter d'améliorer l'intégration des pratiques d'utilisabilité dans les processus de conception informatique. Grâce au cadre de référence très formalisé qu'elle fournit, l'Ingénierie Dirigée par les Modèles (IDM) est utilisée comme base de cette intégration. Composée de modèles et de transformations, l'IDM permet en effet de lier chaque étape du processus de conception à des dimensions ergonomiques et d'étudier leurs conséquences sur l'utilisabilité du système généré.

MOTS-CLÉS

Utilisabilité, Conception Centrée Utilisateur, Ingénierie Dirigée par les Modèles, Processus de Conception.

1 INTRODUCTION

Depuis plus de vingt ans, chercheurs et professionnels des Interactions Homme-Machine (IHM) développent des connaissances théoriques et des outils pratiques visant à améliorer l'utilisabilité des systèmes. L'intérêt porté à ce domaine est compréhensible au vu des bénéfices sous-jacents pour l'utilisateur et l'organisation : les systèmes facilement « utilisables » sont généralement associés à une hausse de la productivité, une diminution des erreurs, un besoin de formation et de maintenance réduit ou encore une meilleure acceptabilité des systèmes (ISO 13407, 1999 ; Maguire, 2001).

Cependant, bien que les bénéfices liés à l'utilisabilité aient été largement démontrés, il semble que les méthodologies liées à l'utilisabilité ne soient pas correctement, voire pas du tout, appliquées dans la plupart des cycles de conception informatique (Maguire, 2001). Le temps et le coût associé à l'intégration de l'utilisabilité dans les cycles de développement semblent en être les principales raisons. Seffah, Donyae, Kline & Padda (2006) ajoutent que le manque de clarté qui entoure le concept d'utilisabilité, et plus précisément le manque d'un cadre de référence des pratiques d'utilisabilité, explique également cette lacune. Dans l'idéal, ce cadre de référence indiquerait où et comment, dans les cycles de développement, les différents inputs d'utilisabilité devraient être intégrés (Ferré, Juristo & Moreno, 2005). Comblant l'écart entre génie logiciel et pratiques d'utilisabilité est donc un défi qui reste toujours à relever et il est intéressant d'étudier de quelle façon une intégration plus étroite de ces deux disciplines pourrait être atteinte.

Pour traiter cette problématique, l'accent est mis ici sur l'Ingénierie Dirigée par les Modèles (IDM), une méthodologie de développement logiciel caractérisée par un processus de développement automatisé de systèmes interactifs sur base de modèles, allant du niveau le plus abstrait vers la

génération du code informatique sur lequel repose l'interface. Le caractère très formalisé de chaque étape du processus de développement dans l'IDM nous semble constituer une base idéale pour répondre aux objectifs de notre recherche.

1.1 L'utilisabilité et le problème de l'opérationnalisation des critères ergonomiques

La définition la plus commune de l'utilisabilité est donnée par la norme internationale ISO 9241-11 (1998), qui la définit comme le « degré selon lequel un produit peut être utilisé, par des utilisateurs identifiés, pour atteindre des buts définis avec efficacité, efficience et satisfaction, dans un contexte d'utilisation spécifié » (p. 2). Émergeant du domaine informatique, qui l'a d'abord considérée comme un facteur humain lié à la qualité d'un système (Schneiderman, 1978), l'utilisabilité a ensuite été étudiée par les sciences humaines et sociales (Carroll, 1997). Depuis Schackel (1991), qui fût probablement l'un des premiers spécialistes à définir et spécifier les dimensions de l'utilisabilité, de nombreux auteurs ont focalisé leurs travaux sur la définition de ce concept, chacun d'entre eux le reliant à des attributs différents (Bevan, 1992 ; Nielsen, 1993 ; Scapin & Bastien, 1997). En parallèle, l'utilisabilité a également été décrite de différentes manières par plusieurs normes internationales (ISO 9241-11, 1998 ; ISO 13407, 1999 ; ISO 9126-1, 2001). On peut également souligner que les auteurs n'utilisent pas tous le même terme pour désigner les « éléments » qui composent l'utilisabilité. Certains parlent de dimensions, de composantes, d'échelles, de facteurs, ou encore de critères d'utilisabilité (Folmer & Bosch, 2004). Mais, au-delà de la sémantique utilisée, le principal constat est que les « éléments » d'utilisabilité décrits dans la littérature sont nombreux et varient énormément selon les modèles. Bien que des tentatives de construction de modèles consolidés d'utilisabilité aient été faites (Seffah et al., 2006), il n'existe toujours pas à l'heure actuelle de réel consensus entre les auteurs sur la définition de l'utilisabilité et ses différentes composantes.

D'autre part, dans la littérature, la question de l'utilisabilité est principalement traitée sous l'angle de son évaluation. Selon Hornbaek (2006), la mesure de l'utilisabilité aide à rendre concret et gérable le terme général et relativement flou d'utilisabilité. Toutefois, dans sa revue systématique de la littérature, l'auteur insiste sur le fait que de nombreux défis doivent encore être relevés. Ainsi, la principale limite des méthodes de mesure de l'utilisabilité est qu'elles nécessitent généralement un système ou un prototype déjà développé (et la plupart du temps des utilisateurs réels), pour produire des recommandations (Folmer & Bosch, 2004), ce qui entraîne des coûts élevés et ne permet pas d'intervenir au plus tôt au cours du processus de conception. De plus, on constate que la plupart des critères d'utilisabilité sont d'ailleurs difficilement opérationnalisables en métriques précises qui pourront être implémentées dans le code source du système. Il est donc difficile pour les développeurs d'intégrer l'utilisabilité dans les premières étapes du cycle de développement.

Nous pouvons tirer plusieurs conclusions de ces constats. D'une part, il est évident que le cadre conceptuel général de l'utilisabilité manque de cohérence et qu'il semble n'y avoir aucun modèle permettant actuellement de concilier toutes les exigences liées au concept d'utilisabilité. Ce manque d'un cadre cohérent et consolidé constitue sans aucun doute un frein à l'intégration totale de l'utilisabilité dans les pratiques du génie logiciel. D'autre part, bien que les outils fournis par le champ de l'utilisabilité nous permettent d'évaluer le niveau d'utilisabilité d'un système, ils ne fournissent pas encore réellement de recommandations à caractère prédictif, capables de garantir l'utilisabilité dans les phases amont de la conception ni même simplement de guider les développeurs en classant les critères d'utilisabilité selon les étapes des processus de développement où ils doivent être pris en compte. Certaines études tentent pourtant d'aller dans ce sens en essayant d'intégrer les principes ou pratiques d'utilisabilité au cycle de développement.

1.2 L'intégration de l'utilisabilité dans les processus de conception

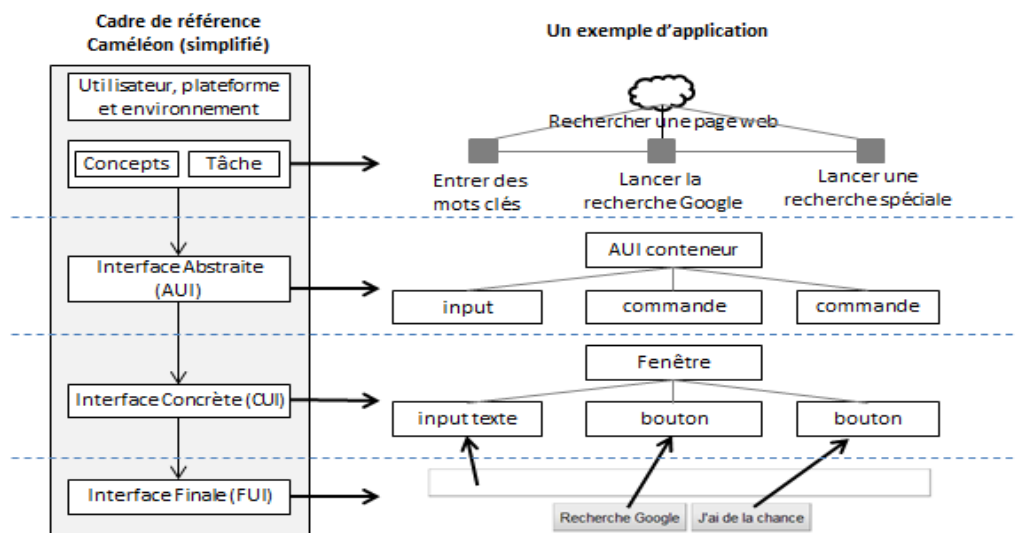
Jusqu'à la fin des années 1980, les spécialistes du génie logiciel tendaient à limiter l'utilisabilité à une caractéristique de la présentation de l'information, avant d'élargir cette vision aux fonctionnalités du système. Or, comme le constatent Seffah, Mohamed, Habied-Mammar & Abran (2008), cette conception étroite de l'utilisabilité n'était pas à même de garantir l'utilisabilité globale d'un système. Heureusement, des travaux ultérieurs démontrèrent que même les caractéristiques non visibles d'un système impactent l'interaction entre l'utilisateur et le système (Bass & John, 2003). Partant de ce constat, chercheurs et professionnels se donnèrent pour but d'atteindre un bon niveau d'utilisabilité en agissant sur l'architecture logicielle (Bass & John, 2003 ; Folmer & Bosch, 2004).

Ainsi, certains auteurs fournissent des mécanismes d'architecture ou des patterns de conception directement liés à des aspects d'utilisabilité (Bass & John, 2003 ; Seffah et al., 2008). D'autres études tentent quant à elles de définir des stratégies pour intégrer des méthodes et pratiques d'IHM à l'intérieur des principales pratiques d'ingénierie logicielle (Ferré, Juristo & Moreno, 2005). De même, la norme ISO 13407 (1999) propose un cadre d'intégration de l'utilisabilité à tous les stades du cycle de développement. « La Conception Centrée Utilisateur » y est présentée comme « une manière de concevoir les systèmes interactifs, ayant pour objet spécifique de rendre les systèmes utilisables ».

Malgré cela, il semble que les pratiques actuelles dans le domaine de l'utilisabilité échouent, au moins partiellement, à guider les processus de conception dans toutes leurs étapes (Folmer & Bosch, 2004). Aussi, certains concepts ou méthodes introduits par le génie logiciel pourraient-ils s'avérer utiles pour traiter des problématiques du domaine de l'utilisabilité et concilier plus étroitement ingénierie logicielle et utilisabilité. Nous postulons ici que l'IDM propose un cadre favorable à ce projet.

1.3 L'Ingénierie Dirigée par les Modèles : un moyen d'atteindre une meilleure intégration de l'utilisabilité dans les processus de conception ?

L'Ingénierie Dirigée par les Modèles (IDM) a récemment suscité l'intérêt de la communauté scientifique et est perçue comme une perspective clé dans le champ du génie logiciel. L'IDM est une méthodologie de développement logiciel qui spécifie un processus de développement de systèmes interactifs, se basant dans un premier temps sur des modèles de description abstraits du système, spécifiés manuellement par le développeur (modèle utilisateur, arbre des tâches, etc). Ces modèles sont peu à peu transformés en modèles de description transitoires plus concrets du système interactif (modèles d'interface abstraite et d'interface concrète), pour aboutir à la génération du code source exécutable, base de l'interface utilisateur finale. Le cadre de référence Caméléon (Calvary et al., 2003) est un des guides d'IDM les plus utilisés (Figure 1).



Cadre de référence Caméléon (Calvary et al. 2003) simplifié et instancié

L'Interface Abstraite est une modélisation du dialogue entre l'utilisateur et le système, indépendante de la modalité. Après transformation et réification, l'Interface Concrète est une expression de l'Interface Abstraite mais dépendante de la modalité et modélisant l'IHM en termes d'interacteurs concrets (champs, boutons, etc). L'Interface Finale comprend quant à elle toutes les caractéristiques du système interactif final. Le passage de modèles abstraits aux modèles concrets puis à la génération du code s'effectue à travers différentes *transformations* de modèles.

En séparant les tâches de conception de l'interface des tâches de développement et en appliquant des transformations progressives de modèle à modèle, l'IDM permet à l'utilisabilité d'être intégrée dans la globalité du processus d'interaction utilisateur-système et pas uniquement au niveau graphique de l'interface utilisateur. Comme le soulignent Juristo, Moreno & Sanchez-Segura (2007), l'interface n'est que la part visible du système mais l'interaction est un concept plus vaste. Abrahão, Iborra &

Vanderdonck (2008) introduit dans ce contexte l'idée « d'utilisabilité par construction » (*usability by construction*) et proposent de nouvelles perspectives. Pour ces auteurs, le développement dirigé par les modèles fournit la base pour une intégration étroite de l'évaluation de l'utilisabilité dans le processus de développement dirigé par les modèles, permettant aux problèmes d'utilisabilité d'être traités comme partie intégrante de la conception du système et pas seulement comme une solution ad hoc après que la majorité du développement ait été achevée. En effet, l'IDM permet de tracer les problèmes d'utilisabilité et de souligner précisément où ils se produisent dans le processus de développement.

Il semble donc que l'IDM ouvre de nouvelles perspectives pour le domaine de la recherche en utilisabilité, mais cela souligne une fois de plus la nécessité d'opérationnalisation des règles ergonomiques. Des études établissant des liens entre IDM et utilisabilité sont menées depuis quelques années en sciences informatiques (Abrahão et al., 2008 ; Aquino, Vanderdonck, Condori-Fernández, Dieste & Pastor, 2010 ; Fernandez, Abrahão & Insfran, 2010) mais des travaux complémentaires en psychologie ergonomique seront sans aucun doute nécessaires pour parvenir à une réelle intégration de l'utilisabilité dans les processus de développement. Tel est l'objectif de ce travail de thèse.

2 QUESTIONS DE RECHERCHE

Les questions de recherche soulevées par cette étude sont les suivantes :

- (i) Sur base d'une revue systématique de la littérature, comment sélectionner, adapter ou construire un modèle d'utilisabilité le plus approprié possible pour améliorer l'intégration de l'utilisabilité dans les cycles de développement des systèmes ?
- (ii) Comment structurer les apports d'ergonomie de manière à ce qu'ils soient intégrés au cours des différentes étapes d'un processus de conception, afin de construire un cadre de référence partagé à la fois par les spécialistes de l'utilisabilité et les ingénieurs logiciels ?
- (iii) En étudiant les apports de l'ergonomie dans l'architecture logicielle, est-il possible de caractériser l'utilisabilité du système en se basant sur la couverture (quantitative et qualitative) de chaque dimension d'utilisabilité aux différentes étapes du processus de développement ?

3 METHODOLOGIE

La méthodologie déployée dans cette thèse sera structurée suivant trois étapes :

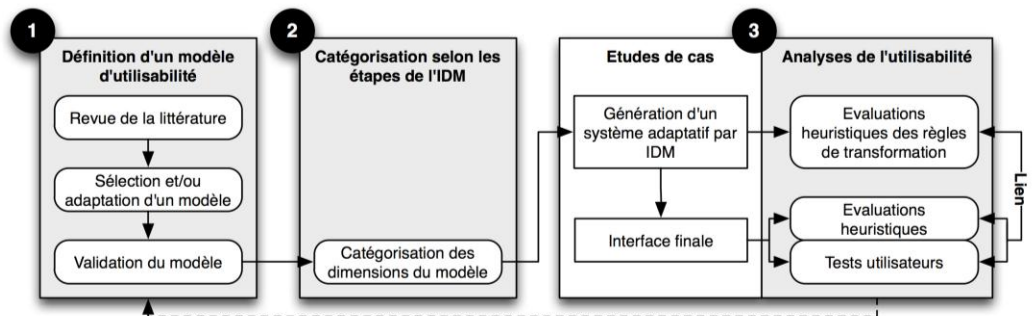


Figure 2 : Méthodologie en 3 étapes

3.1 Définition d'un modèle d'utilisabilité

La première étape consistera en une revue systématique de la littérature sur le concept d'utilisabilité. En investiguant les différents modèles d'utilisabilité existants, nous serons à même de sélectionner, d'adapter ou de proposer le modèle le plus approprié à l'opérationnalisation de règles ergonomiques dans le contexte de systèmes adaptatifs. Les critères pour le choix de ce modèle comprendront : la qualité et l'orthogonalité des dimensions d'utilisabilité, la capacité d'être utilisé à la fois dans les phases de conception et d'évaluation de l'utilisabilité d'un système ainsi que la capacité à être opérationnalisé pour les besoins du processus de développement.

3.2 Catégorisation des dimensions de l'utilisabilité selon les étapes de l'IDM

La seconde phase de nos travaux consistera à classer les différentes dimensions de l'utilisabilité identifiées dans la phase 1 en fonction des différentes étapes d'un processus de

développement en IDM. Notre objectif à cette étape est de connaître à quel moment les différents attributs d'utilisabilité vont jouer un rôle et donc, à quel moment ils devront respectivement être pris en compte et implémentés au niveau du cycle de développement.

Nous prévoyons de catégoriser chaque attribut dans un niveau d'abstraction spécifique du cadre de référence Caméléon décrit précédemment. A travers cette classification, qui sera réalisée par des experts en utilisabilité suivant une méthode de tri de cartes fermé, nous espérons développer une approche structurée pour guider l'implémentation des inputs d'ergonomie aux différentes étapes du processus de développement.

3.3 Etude de cas et analyses de l'utilisabilité

La troisième étape du projet consistera en plusieurs études de cas de systèmes adaptatifs générés par un processus d'IDM. La classification réalisée à l'étape 2 nous permettra d'émettre des recommandations pour la conception de ces derniers. Suivant le cadre de référence Caméléon, le processus de développement des systèmes suivra 4 étapes ponctuées de règles de *transformations*, permettant de passer d'un modèle initial décrivant les tâches et concepts à une interface finale. Trois versions de chaque système seront réalisées, la différence entre ces derniers résidant au niveau de l'opérationnalisation des dimensions ergonomiques en règles de transformation.

Une fois les systèmes développés, trois analyses distinctes d'utilisabilité seront menées sur chaque système. La première, menée durant le processus de développement, consistera en une évaluation heuristique par des experts des propriétés ergonomiques de chaque règle de transformation à chaque étape du processus de développement. Les experts auront pour charge d'évaluer quels critères ergonomiques sont couverts à chaque étape de transformation, quels critères sont préservés durant toutes les étapes du processus ou, au contraire, quels ensembles de transformation sont susceptibles d'avoir un impact négatif sur certains critères. Nous recueillerons ainsi des informations sur la couverture en critères de chaque règle de transformation, à la fois de manière quantitative (combien de règles de transformation couvrent chaque critère) et qualitative (selon quel degré chaque règle de transformation couvre chaque critère). Complémentaires, les seconde et troisième analyses d'utilisabilité seront menées quant à elles sur l'interface finale du système. Elles consisteront en une évaluation heuristique de l'interface par des experts et en des tests utilisateurs réalisés en laboratoire d'utilisabilité. Elles permettront de recueillir des scores d'utilisabilité non seulement pour chaque critère mais aussi de manière globale.

Finalement, les résultats obtenus à travers le déploiement de cette méthodologie en 3 étapes nous permettront tout d'abord d'évaluer la qualité des interfaces générées, mais aussi d'étudier les liens possibles entre la couverture en critères ergonomiques aux différentes étapes d'un processus d'IDM et l'utilisabilité globale des interfaces finales.

Ces résultats permettront la formulation d'un ensemble de recommandations pour l'amélioration de la conception centrée utilisateur et de l'intégration de l'utilisabilité dans les cycles de développement, à destination des professionnels et comme base de futurs travaux de recherche.

4 CONCLUSION

Dans ce travail de recherche, l'IDM est utilisée comme cadre d'étude pour atteindre une meilleure intégration de l'utilisabilité dans les différentes étapes du développement d'un système. Le caractère très formalisé de cette approche devrait nous permettre de prendre appui sur un processus précis et bien défini pour tracer les problèmes d'utilisabilité aux différents niveaux d'abstraction de l'IDM, ces derniers pouvant représenter les différents niveaux de tout cycle de développement. Nos résultats pourraient bénéficier à la fois aux professionnels du génie logiciel, en leur offrant une meilleure compréhension des problématiques liées à l'utilisabilité, mais aussi aux spécialistes de l'utilisabilité, en leur permettant d'être considérés dès les premières étapes du processus de développement. Nous espérons aussi leur fournir des informations pertinentes sur les liens existants entre règles de transformation et dimension d'utilisabilité.

5 REMERCIEMENTS

L'auteure tient à remercier ses encadrants institutionnels et universitaires pour le suivi de cette thèse : G. Gronier (CRP HT), V. Koenig et R. Martin (Université du Luxembourg). Merci également au Professeur Vanderdonckt, de l'Université Catholique de Louvain, pour ses conseils et son soutien.

6 BIBLIOGRAPHIE

- Abrahão, S., Iborra, E., & Vanderdonckt, J. (2008). Usability Evaluation of User Interfaces Generated with a Model-Driven Architecture Tool. In E. Law et al. (Eds) *Maturing Usability: Quality in Software, Interaction and Value* (pp.3-32), Springer: Berlin.
- Aquino, N., Vanderdonckt, J., Condori-Fernández, N., Dieste, O., & Pastor, O. (2010) *Usability evaluation of multi-device/platform user interfaces generated by model-driven engineering*. Proceedings of the ACM/IEEE 4th Empirical Software Engineering and Measurement conference (ESEM 2010), September 16-17, 2010, Bolzano-Bozen, Italy.
- Bass, L., & John, B.E. (2003). Linking usability to software architecture patterns through general scenarios. *Journal of Systems and Software*, 66(3), 187-197.
- Bevan, N., Kirakowski J, and Maissel J. (1992) What is Usability? In H.J. Bullinger (Eds). Proceedings of the 4th International Conference on Human Computer Interaction, Stuttgart, September 1991. Elsevier.
- Calvary, G., Coutaz, J., Thevenin, D., Limbourg, Q., Bouillon, L., & Vanderdonckt, J. (2003) A unifying reference framework for multi-target user interfaces. *Interacting with Computers*, 15(3), 289-308.
- Carroll, J. M. (1997). Human-computer interaction: psychology as a science of design. *Annual review of psychology*, 48, 61-83.
- Fernandez, A., Abrahão, S., & Insfran, E. (2010) Towards to the Validation of a Usability Evaluation Method for Model-Driven Web Development, Proceedings of the ACM/IEEE 4th Empirical Software Engineering and Measurement conference (ESEM 2010), September 16-17, 2010, Bolzano-Bozen, Italy.
- Ferre, X., Juristo, N., & Moreno, A.M. (2005). Framework for integrating usability practices into the software process. 6th International Conference on Product Focused Software Process Improvement (PROFES'05). Lecture Notes in Computer Science (LNCS) 3547.
- Folmer, E., & Bosch, J. (2004). Architecting for usability: a survey. *Journal of Systems and Software*, 70(1-2), 61-78.
- Hornbaek, K. (2006). Current practice in measuring usability: Challenges to usability studies and research. *International Journal of Human-Computer Studies*, 64(2), 79-102.
- ISO 9241-11 (1998): Ergonomic Requirements for Office work with Visual Display Terminals. Part 11: Guidance on Usability. Geneva, Switzerland: ISO
- ISO 9126-1 (2001). Software engineering - Product quality - Part 1: Quality model. Geneva, Switzerland: ISO.
- ISO 13407 (1999). Human-centred design processes for interactive systems. Geneva, Switzerland: ISO
- Juristo, N., Moreno, A.M., & Sanchez-Segura, M. (2007). Analysing the impact of usability on software design. *The Journal of Systems and Software*, 80, 1506-1516
- Maguire, M. (2001). Methods to support human-centred design. *International Journal of Human-Computer Studies*, 55(4), 587-634.
- Nielsen, J. (1993). Usability Engineering. San Diego, CA: Academic Press.
- Scapin, D., & Bastien, J.M.C. (1997). Ergonomic criteria for evaluating the ergonomic quality of interactive systems. *Behaviour & Information Technology*, 16(4), 220-231.
- Seffah, A., Donyae, M., Kline, R. B., & Padda, H. K. (2006). Usability measurement and metrics: A consolidated model. *Software Quality Journal*, 14(2), 159-178.
- Seffah, A., Mohamed, T., Habieb-Mammar, H., & Abran, A. (2008). Reconciling usability and interactive system architecture using patterns. *Journal of Systems and Software*, 81(11), 1845-1852.
- Shackel, B. (1991). Usability - context, framework, design and evaluation. In B. Shackel & S. Richardson (Eds.), *Human factors for informatics usability* (pp. 21-38). Cambridge: Cambridge University Press.
- Shneiderman, B. (1978). *Improving the human factors aspect of database interactions*. ACM Transactions on Database Systems, 3(4), 417-439.