

# Consultas bipolares en bases de datos temporales. Aplicación en bases de datos con datos históricos.

José Enrique Pons\*, Christophe Billiet†, Guy de Tré†, Olga Pons\*, Els De Paermentier‡, Jeroen Deploige‡

\* Department of Computer Science and Artificial Intelligence

Universidad de Granada

C/Periodista Daniel Saucedo Aranda s/n E-18071 (Granada-Spain)

jpons,opc@decsai.ugr.es

† Department of Telecommunications and Information Processing,

Ghent University,

Sint-Pietersnieuwstraat 41, B-9000 Ghent, Belgium

Christophe.Billiet,Guy.DeTre@UGent.be

‡Department of History,

Ghent University,

Sint-Pietersnieuwstraat 33-35, 9000 Ghent, Belgium

Els.DePaermentier,Jeroen.Deploige@UGent.be

**Abstract**—Este trabajo presenta una aplicación práctica de consulta bipolar en una base de datos temporal. Las consultas bipolares se caracterizan por permitir la especificación de aspectos tanto negativos como positivos en los criterios de la consulta. Este tipo de modelos para realizar consultas está teniendo un gran auge en la actualidad debido a que permite describir las preferencias del usuario de una manera más cercana al razonamiento humano: en muchas ocasiones, el usuario no sabe exactamente lo que quiere, pero sí lo que realmente no quiere obtener como resultados. Los principios de la consulta bipolar son aplicados a una base de datos temporal que contiene datos de las fuentes diplomáticas medievales de los Países Bajos meridionales, proporcionada por el departamento de historia de la Universidad de Gante y la Comisión Real de Historia, en Bélgica.

**Index Terms**—bipolaridad, consulta flexible, bases de datos temporales

## I. INTRODUCCIÓN

Las bases de datos temporales (TBD) se caracterizan por ofrecer un tratamiento especial del tiempo en la base de datos. Los objetos que modelan varían con el tiempo. Las bases de datos temporales difusas se utilizan cuando el tiempo no es conocido con exactitud. En el caso de estudio que presentamos, la base de datos temporal consta de los datos de las fuentes diplomáticas medievales de los Países Bajos meridionales (SMLC Diplomata Bélgica) [1]. La naturaleza de los datos de dicha base de datos es fundamentalmente imprecisa, ya que, en muchos casos, no se conocen con exactitud las fechas, el lugar o el autor del documento. El uso de la consulta bipolar sobre esta base de datos permite resolver consultas del tipo:

*“Quiero obtener todos los documentos escritos por el papa Alexander II y que estén escritos en una abadía benedictina y que sean redactados aproximadamente el año 1073”.*

El trabajo está organizado de la siguiente manera: En la

sección de preliminares II se hace una introducción a las bases de datos temporales con mención de las bases de datos temporales difusas. En II-B se comentan los aspectos teóricos de la consulta bipolar. En la sección III explicamos las características de la base de datos SMLC Diplomata Bélgica. En IV ilustramos con un ejemplo cómo realizar la consulta. El trabajo termina con las conclusiones y el trabajo futuro.

## II. PRELIMINARES

En esta sección se realiza una breve introducción a las características más importantes de las bases de datos temporales, junto con una pequeña introducción a las bases de datos temporales difusas. Seguidamente se explican los fundamentos teóricos de la consulta bipolar.

### A. Bases de datos temporales

Una base de datos temporal [2] es aquella que maneja ciertos aspectos del tiempo de los datos que contiene. Normalmente, el lenguaje de manipulación de datos se extiende para controlar las posibles inconsistencias que se pueden producir al añadir la dimensión temporal a los datos. No existe un verdadero estándar para este tipo de bases de datos, aunque hay numerosas propuestas. Un consenso sobre términos relacionados con bases de datos temporales se puede encontrar en [2]. El tiempo se representa de manera numérica bien como puntos, bien como intervalos [3]. Se denomina **chronon** a la menor duración de tiempo que puede ser representada en el sistema. Se denomina **granularidad** a la partición dentro del conjunto de los chronons. La conversión entre distintas granularidades [4] es un problema estudiado en profundidad. En algunos modelos, la granularidad [5], [6] es considerada la base del sistema.

**Tiempo definido por el usuario** es un atributo de que representa un aspecto temporal, pero que no recibe un tratamiento especial en la base de datos. Dicho tipo de datos forma parte

del estándar SQL [7]. En general podemos diferenciar 3 tipos diferentes de tiempo, que son tratados de manera especial por la base de datos:

- **Tiempo de transacción TT** [8], [9]: Denota el tiempo cuando el objeto se almacena en la base de datos. Normalmente se trata de bases de datos que sólo permiten añadir datos. Además, a la hora de realizar una inserción, el TT no puede tomar valores en el pasado o en el futuro.
- **Tiempo de validez TV** [10], [11]: Denota el período durante el cual el objeto que se almacena en la base de datos es válido. Una extensión difusa se ha propuesto en [12].
- **Tiempo de decisión TD** [13]: Denota el tiempo en el que se decidió el objeto almacenado en la base de datos.

Las bases de datos temporales pueden manejar uno o varios de los tiempos mencionados anteriormente. Existen así bases de datos de tiempo de validez, de tiempo de transacción, bitemporales (tiempos de validez y transacción) y tritemporales (incorporan los tiempos de validez, transacción y decisión).

Podemos ilustrar la diferencia entre los distintos tiempos con un ejemplo: Suponga que dispone de una base de datos con las descripciones de los contratos de los empleados. El tiempo cuando el contrato de un empleado es válido, es el TV. El tiempo cuando el contrato es almacenado en la base de datos es el TT. El tiempo cuando se tomó la decisión de contratar al empleado es el TD.

1) *Imperfección en datos temporales*: Existen varias fuentes de imprecisión con respecto al tiempo en una base de datos. Se ha investigado cómo representar las indicaciones temporales dadas por una persona [14], [15]. Una fuente de imprecisión es también la granularidad [16], ya que, al convertir entre distintas granularidades (p.ej, al convertir entre años a meses) estamos añadiendo imprecisión a los cálculos. En lo que sigue, distinguiremos 2 tipos de imprecisión:

- **Incertidumbre** en la base de datos: Los datos que se encuentran en la base de datos no son conocidos con exactitud. P.ej, “*El documento se escribió aproximadamente en Enero de 1703*”.
- **Imprecisión** en la consulta: Los datos se pueden consultar de manera imprecisa. P.ej, “*El usuario quiere obtener todos los documentos que fueron redactados en torno a Enero de 1703*”.

La imprecisión la modelamos utilizando distribuciones de posibilidad. Para representar un período de validez en el que los extremos inicial y final se conocen de manera imprecisa, utilizamos el período de validez difuso, FVP [12]. El período de validez se representa con 4 valores:  $[\alpha, \beta, \gamma, \delta]$  de modo que obtenemos una distribución de posibilidad trapezoidal como en la figura 1.

El dominio numérico para representar un FVP es el número de día juliano (JDN). Es un contador que se incrementa en una unidad por cada día desde el 1 de Enero del año 4713 A.C. Esta representación tiene varias ventajas, la principal es que nos permite operar de manera sencilla a la hora de

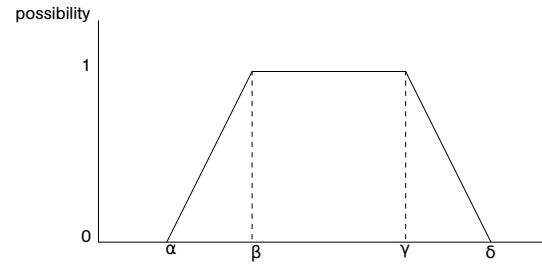


Fig. 1. Distribución de posibilidad trapezoidal.

realizar cálculos con las fechas. También, que ofrece una representación unificada frente a la representación del tipo *date* en las distintas bases de datos. Las fórmulas para realizar la conversión entre una fecha en formato gregoriano a un JDN y viceversa se pueden encontrar en [17].

### B. Bipolaridad

La base de las consultas bipolares es permitir al usuario expresar sus preferencias de manera tanto positiva como negativa. Esto tiene la ventaja de permitir que las preferencias negativas no tienen por qué ser el inverso de las preferencias positivas. P.ej, cuando el usuario/a especifica que no desea un documento que se encuentre escrito en español, no significa que quede igual de satisfecho con cualquier otro idioma. Esto es lo que se denomina bipolaridad heterogénea [18], [19]. Por el contrario, se llama bipolaridad homogénea cuando se obtiene el grado de insatisfacción como el complemento del grado de satisfacción. En definitiva, podemos considerar que la bipolaridad heterogénea está más cerca del razonamiento humano. En concreto nos permite modelar 3 estados cuando obtenemos resultados para nuestra consulta:

- **Satisfactorio**: El objeto cumple con nuestros criterios de búsqueda.
- **Insatisfactorio**: El objeto no cumple en absoluto con nuestros criterios.
- **Indiferente**: El objeto cumple con algunos de los atributos de la consulta e incumple otros. Los objetos en esta categoría se encuentran en un estado intermedio entre los dos anteriores.

Cuando se realiza una consulta a la base de datos, se evalúa cada registro y se obtiene un grado de satisfacción, normalmente comprendido entre 0 y 1 de ese registro con respecto de los criterios especificados en la consulta. Para manejar los tres estados anteriores, se ha definido lo que se conoce como 'grado de satisfacción bipolar' [20]:

**Definición** El grado de satisfacción bipolar BSD es un par

$$(s, d), s, d \in [0, 1]$$

Donde  $s$  es el grado de satisfacción y  $d$  es el grado de insatisfacción. Ambos  $s$  y  $d$  toman sus valores en el intervalo unidad  $[0, 1]$  y son independientes el uno del otro. Esta definición es similar a los conjuntos difusos intuicionistas de

Atanassov (AFS) [21], solo que sin la condición de consistencia que impone éste ( $0 \leq s + d \leq 1$ ). De esta manera se modela mejor el razonamiento humano, ya que permite modelar inconsistencias (cuando  $s + d > 1$ ).

1) *Especificación de consultas bipolares*: En este trabajo seguimos la propuesta de [20] para la especificación de las consultas. Por lo tanto, la consulta  $\tilde{Q}$  está compuesta por dos condiciones  $Q^{pos}$ , que refleja la parte positiva y  $Q^{neg}$  que especifica la parte negativa de las preferencias del usuario.

**Definición** Una consulta bipolar  $\tilde{Q}$  se especifica formalmente mediante:

$$\tilde{Q} = (Q^{pos}, Q^{neg})$$

2) *Clasificación*: Una vez que el sistema procesa la consulta especificada de manera bipolar, obtenemos para cada tupla resultado un BSD. Hay varias propuestas para clasificar los resultados en función de su BSD [20]. En este trabajo vamos a utilizar la que da el mismo grado de importancia al grado de satisfacción como al grado de insatisfacción:

$$Rank_{BSD} = s - d \in [-1, 1]$$

Como se mencionó anteriormente, podemos distinguir 3 estados:

- Satisfacción completa:  $s - d = 1$ . En este caso, la satisfacción  $s = 1$  y la insatisfacción  $d = 0$ .
- Insatisfacción completa:  $s - d = -1$ . En este caso, la satisfacción  $s = 0$  y la insatisfacción  $d = 1$ .
- Indiferencia:  $s - d = 0$ . La satisfacción y la insatisfacción son iguales.

### III. BASE DE DATOS DE FUENTES DIPLOMÁTICAS

El departamento de historia de la Universidad de Gante y la Comisión Real de Historia (Bélgica) disponen de una base de datos con información acerca de documentos oficiales históricos de la edad media (diplomas, cartas y fuentes del gobierno). Esta base de datos se conoce con el nombre de base de datos de fuentes narrativas medievales de los países bajos (parte del proyecto “Sources from the Medieval Low Countries (SMLC)”). La principal característica de esta base de datos es que disponen de un gran número de atributos que se conocen con cierta imprecisión. Por ejemplo, las fecha de escritura de un documento, el lugar en el que se ha escrito o el autor. En esta base de datos es habitual tener varios campos dedicados a almacenar las diferentes posibles fechas de un documento.

Las fechas de validez de los documentos han sido estudiadas por distintos historiadores y cada documento tiene una fecha que es la que se considera más plausible. La base de datos maneja tiempo de validez con respecto a los documentos, esto es, se contempla el tiempo durante el cual un documento existe.

En este trabajo, vamos a considerar las fechas de inicio y fin más probables consideradas por los historiadores. El esquema simplificado de nuestra base de datos es el que se muestra en la tabla I.

TABLE I  
EXTRACTO DE LA BASE DE DATOS DE LAS FUENTES DIPLOMÁTICAS  
MEDIEVALES DE LOS PAÍSES BAJOS MERIDIONALES.

ID	Género	Idioma	Autor	Receptor
13559	B	L	Papa Innocentius III	DESCONOCIDO
13398	B	L	Papa Innocentius III	Marqués Boniface
13412	E	L	Conde Hugues IV	Rey Henri I
13428	B	L	Papa Innocentius III	Marqués Boniface
13613	D	L	Rey Philippe	Rey Henri I
13790	B	L	Papa Innocentius III	Rey Kalojan
14268	D	L	Rey John	DESCONOCIDO

La descripción de los campos que vamos a utilizar en el ejemplo son los siguientes:

- ID: Número de documento. Es el identificador unívoco del documento, que se utiliza en esta base de datos como clave primaria.
- Género: Tipo del documento. Podemos distinguir los siguientes tipos: *B* un escrito papal, *E* carta, y *D* escrito del rey .
- Idioma: Lengua en la que está escrito el documento. En los ejemplos seleccionados, *L* significa que están escritos en latín.
- Autor: La persona o autoridad que escribe el documento.
- Receptor: La persona o autoridad que recibe el documento.
- Período de validez en este caso podemos distinguir 2 tipos de datos:
  - Fecha exacta: La fecha del documento se conoce con precisión. En este caso el período de validez se modela como una distribución de posibilidad rectangular (un FVP donde  $\alpha = \beta$ ).
  - La fecha se conoce con cierta imprecisión. Se proporciona una fecha aproximada en la que se redactó el documento. En este caso, representamos el período de validez como una distribución de posibilidad trapezoidal utilizando un FVP.

Un período de validez tiene 4 valores, como se ha explicado anteriormente. Los períodos de validez que sólo tienen los dos primeros valores indican que los documentos siguen existiendo en la actualidad. Para una mejor lectura, en la tabla II tenemos los períodos de validez asociados a cada tupla y su representación en el formato JDN.

### IV. CONSULTA BIPOLAR EN BASES DE DATOS TEMPORALES

Vamos a explicar cómo extender la consulta bipolar a bases de datos temporales. En nuestro caso, vamos a trabajar con bases de datos de tiempo de validez, como la base de datos del departamento de historia. La propuesta de los autores en [22] permite realizar una consulta bipolar, especificando también un período de validez de la misma. Por lo tanto, la consulta  $\tilde{Q}$  se puede especificar de la forma:

$$\tilde{Q} = (Q^{time}, (Q^{pos}, Q^{neg}))$$

TABLE II  
TIEMPO DE VALIDEZ, JUNTO CON SU REPRESENTACIÓN TRAPEZOIDAL EN  
FORMATO JDN.

ID	FVP	FVP formato JDN
13559	22/03/1203	[2160534, 2160534, -, -]
13398	20/05/1203	[2160593, 2160593, -, -]
13412	1/08/1203 +-20 días	[2160656, 2160676, -, -]
13428	7/02/1204 +- 30 días	[2160841, 2160871, -, -]
13613	12/11/1204	[2161135, 2161135, -, -]
13790	16/08/1205 +- 4 días	[2161410, 2161414, -, -]
14268	8/02/1209	[2162684, 2162684, -, -]

Como hemos explicado con anterioridad,  $(Q^{pos}, Q^{neg})$  especifican las preferencias positivas y negativas del usuario respectivamente mientras que  $Q^{time}$  especifica el período de validez para las tuplas resultado. En la consulta, el tiempo puede ser especificado de manera imprecisa con respecto de los puntos de inicio y fin del período. La interpretación del período de validez se hace de manera conjuntiva, esto es, se supone que el usuario prefiere los objetos que son válidos durante todo el período de validez.

#### A. Evaluación de la consulta

En la base de datos de las fuentes diplomáticas, cada fila contiene un intervalo,  $V_r$  con las fechas de inicio  $s$  y fin  $e$  más probables. Para cada tupla  $r$  en la base de datos, se evalúan de manera independiente los criterios especificados en  $Q_{pos}$  y  $Q_{neg}$ . Como resultado obtenemos un BSD representado por  $(s_r, d_r)$  con los grados de satisfacción  $s_r$  y de insatisfacción  $d_r$ . Independientemente, se evalúa también la condición especificada en el criterio temporal  $Q_{time}$ . En este caso, para la evaluación del criterio temporal utilizamos la fórmula de la inclusión gradual de dos conjuntos difusos:

$$\begin{aligned} deg_{vs}(\tilde{V}_q, \tilde{V}_r) &= deg(\tilde{V}_q \subseteq \tilde{V}_r) \\ &= \frac{card(\tilde{V}_q \cap \tilde{V}_r)}{card(\tilde{V}_q)} \end{aligned}$$

Ya que los intervalos de tiempo son continuos, la formula anterior se puede reescribir como:

$$deg_{vs}(\tilde{V}_q, \tilde{V}_r) = \frac{\int_U \min(\mu_{\tilde{V}_q}(x), \mu_{\tilde{V}_r}(x)) dx}{\int_{x \in U} \mu_{\tilde{V}_q}(x) dx}$$

Donde  $U$  es el dominio del tiempo y  $\mu_{\tilde{V}_q}$  and  $\mu_{\tilde{V}_r}$  son las funciones de pertenencia de  $\tilde{V}_q$  y  $\tilde{V}_r$ .

De esta manera obtenemos el grado de satisfacción del tiempo de validez, VSD.

#### B. Clasificación de resultados

Como último paso en nuestro proceso de consulta, hemos de definir una agregación entre los resultados proporcionados por la consulta temporal VSD y los resultados proporcionados por el BSD obtenido en la consulta bipolar. Ambos valores se

pueden calcular de manera independiente, y la clasificación del BSD se realiza de la manera descrita en la sección II-B. La manera para realizar dicha agregación es la siguiente:

$$Rank_{Total} = \omega * Rank_{BSD} + (1 - \omega) * VSD$$

El parámetro  $\omega$  toma valores entre 0 y 1 y sirve para darle mayor o menor peso a la parte temporal o a la parte bipolar. En [] se muestra cómo con un valor de  $\omega = 0.5$  se obtienen una ordenación natural y lógica de los resultados ya que se le da el mismo peso tanto a la parte temporal como a la parte bipolar.

#### C. Ejemplo de uso

La base de datos que vamos a utilizar para realizar las consultas bipolares, tiene la estructura explicada en la sección III. La consulta de prueba que vamos a realizar es la siguiente:

*“El usuario quiere obtener los documentos que hayan sido escritos por el papa Inocencio III y que o bien hayan sido recibidos por el Marqués Boniface de Montferrat o tengan un género D (o ambas cosas). El documento no fue recibido por Kalojan y existió al menos entre principios de junio del año 1203 hasta finales de enero del año 1206.”*

Podemos expresar la anterior consulta en la forma  $\tilde{Q} = (Q^{time}, (Q^{pos}, Q^{neg}))$ , por lo tanto, la consulta queda traducida a lo siguiente:

$$(c^{time}, (c_{Autor}^{pos} \wedge (c_{Receptor}^{Pos} \vee c_{Genero}^{Pos})), c_{Receptor}^{Neg})$$

Donde cada uno de los parámetros son los siguientes:

- $c^{time}$  (Expresado como un FVP): [26/05/1203, 05/06/1203, 26/01/1206, 5/02/1206], en formato JDN: [2160599, 2160609, 2161575, 2161585].
- $c_{Autor}^{Pos} = (\text{Inocencio III}, 1)$ .
- $c_{Receptor}^{Pos} = (\text{Marqués Boniface}, 1)$ .
- $c_{Genero}^{Pos} = (D, 1)$ .
- $c_{Receptor}^{Neg} = (\text{Kalojan}, 1)$ .

#### D. Resultados

Los datos de ejemplo se encuentran en la tabla I y II. El resultado de la consulta especificada en el apartado anterior se muestra en la tabla III. Esta tabla mostramos el grado de satisfacción  $s$  de los criterios positivos  $Q^{pos}$  y el grado de insatisfacción  $d$  como resultado de la evaluación de los criterios negativos  $Q^{neg}$ . El valor  $rank$  es el valor de la resta  $d - s$ . VSD es el grado de cumplimiento del criterio temporal  $c^{time}$ .

La tabla IV es una comparativa sobre cómo afecta a la clasificación total los distintos valores de  $\omega$ . El valor de esta clasificación final se encuentra en el rango  $[-1, 1]$  y por lo tanto los resultados se pueden clasificar en los 3 grupos explicados en el apartado II-B: registros que satisfacen completamente

TABLE III  
GRADOS DE SATISFACCIÓN  $s$ , INSATISFACCIÓN  $d$ , CLASIFICACIÓN DEL  
BSD Y GRADO DE CUMPLIMIENTO DE LA ESPECIFICACIÓN TEMPORAL  
VSD.

ID	s	d	rank	VSD
13559	0	0	0	1
13398	1	1	1	1
13412	0	0	0	0,936
13428	1	0	1	0,742
13613	0	0	0	0,456
13790	0	1	-1	0,172
14268	0	0	0	0

TABLE IV  
COMPARATIVA CON DIFERENTES VALORES DE  $\omega$  PARA LA CLASIFICACIÓN  
FINAL DE LOS RESULTADOS.

ID	$\omega = 0$	$\omega = 0.25$	$\omega = 0.5$	$\omega = 0.75$	$\omega = 1$
13559	1	0.75	0.5	0.25	0
13398	1	1	1	1	1
13412	0,936	0,702	0,468	0,234	0
13428	0,742	0,807	0,871	0,936	1
13613	0,456	0,342	0,228	0,114	0
13790	0,172	-0,121	-0,414	-0,707	-1
14268	0	0	0	0	0

los criterios tanto positivos como negativos (los valores de ranking cercanos a 1), registros que no satisfacen ninguno de los criterios (los valores de ranking cercanos a -1). y registros que satisfacen algunos de los criterios positivos y algunos de los criterios negativos (los valores cercanos a cero: son el conjunto de registros ante los que el usuario es indiferente).

Como podemos ver con  $\omega = 0.5$  aquellos registros que tienen buenas puntuaciones tanto en los criterios temporales como en los criterios bipolares obtienen también una buena puntuación. Los registros que tienen un grado bajo en alguna de las dos componentes, son penalizados. Asimismo, aquellos registros que tienen un valor muy alto sólo en una de las dos componentes son rebajados según el valor de la otra componente. Esta agregación devuelve pues una ordenación natural de los resultados.

## V. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este trabajo hemos presentado una aplicación práctica de la consulta bipolar sobre bases de datos temporales de tiempo de validez. Las consultas se han realizado sobre una base de datos real, SMLC. Dicha base de datos presenta como parte intrínseca de su naturaleza la imprecisión en los datos que contiene. Es lógico realizar consultas flexibles sobre este tipo de bases de datos, en particular consultas de carácter bipolar, que permite realizar consultas con un mayor carácter expresivo, más cercano al razonamiento humano. Los resultados de las consultas que se obtienen con esta técnica proporcionan una información valiosa a los historiadores, dada la clasificación de los resultados en 3 subgrupos: los que satisfacen los criterios, lo que no los satisfacen y los que son

indiferentes. Esta información adicional no es proporcionada por una base de datos tradicional.

Como líneas de trabajo futuro tenemos dos grandes vertientes: una teórica, en la que desarrollaremos el framework para la consulta bipolar, permitiendo por ejemplo en cada uno de los criterios tanto positivos como negativos especificar también un aspecto temporal. La otra línea de trabajo es ampliar la capacidad de consulta con respecto al tiempo la aplicación para la base de datos SMLC.

## AGRADECIMIENTOS

Algunos de los autores de este trabajo están soportados por el proyecto de investigación TIN2008-02066: Tratamiento de la información temporal difusa en bases de datos relacionales y la ayuda BES-2009-013805. Parte de esta investigación ha sido también soportada por los fondos de la Hercules Foundation (Flandes), en el proyecto "Sources from the Medieval Low Countries (SMLC)". También queremos agradecer a Philippe Demonty por proporcionarnos el conjunto de datos para realizar este trabajo.

## REFERENCES

- [1] J. Deploige, B. Callens, P. Demonty, and G. De Tré, "Remedying the obsolescence of digitised surveys of medieval sources. narrative sources and diplomata belgica."
- [2] C. Dyreson and F. e. a. Grandi, "A consensus glossary of temporal database concepts," *SIGMOD Rec.*, vol. 23, pp. 52–64, 1994.
- [3] M. Bohlen, R. Busatto, and C. Jensen, "Point-versus interval-based temporal data models," in *Data Engineering, 1998. Proceedings., 14th International Conference on*, Feb. 1998, pp. 192–200.
- [4] H. Lin, C. S. J. (codirector, M. H. B. Ohlen, R. Busatto, H. Gregersen, K. Torp, R. T. S. (codirector, A. Datta, and S. Ram, "Efficient conversion between temporal granularities," 1997.
- [5] B. Van der Cruyssen and G. De Caluwe, R. and De Tré, "A theoretical fuzzy time model based on granularities," *EUFIT'97*, pp. 1127–1131, Sep 1997.
- [6] G. De Tre, R. De Caluwe, B. Van Der Cruyssen, and N. Van Gysegheem, "Towards temporal fuzzy and uncertain object-oriented database management systems," in *Fuzzy Information Processing Society, 1997. NAFIPS '97., 1997 Annual Meeting of the North American*, Sep. 1997, pp. 68–72.
- [7] J. Melton and A. R. Simon, *Understanding the new SQL: a complete guide*. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1993.
- [8] L. Rowe and M. Stonebreker, "The postgre papers," 6 1987.
- [9] C. S. Jensen, L. Mark, and N. Roussopoulos, "Incremental implementation model for relational databases with transaction time," *IEEE Trans. on Knowl. and Data Eng.*, vol. 3, pp. 461–473, 1991.
- [10] C. S. Jensen, R. T. Snodgrass, and M. D. Soo, "The tsq2 data model," 1994.
- [11] N. L. Sarda, "Extensions to sql for historical databases," *IEEE Trans. on Knowl. and Data Eng.*, vol. 2, pp. 220–230, 1990.
- [12] C. Garrido, N. Marin, and O. Pons, "Fuzzy intervals to represent fuzzy valid time in a temporal relational database," *Int. J. of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, vol. 17, pp. 173–192, 2009.
- [13] M. A. Nascimento and M. H. Eich, "Decision time in temporal databases," in *Proceedings of the Second International Workshop on Temporal Representation and Reasoning*, 1995, pp. 157–162.
- [14] R. De Caluwe, B. Van der Cruyssen, G. De Tré, F. Devos, and P. Maesfranckx, *Fuzzy time indications in natural languages interfaces*. Norwell, MA, USA: Kluwer Academic Publishers, 1997, pp. 163–185.
- [15] G. De Tré, R. De Caluwe, and B. Van der Cruyssen, "Dealing with time in fuzzy and uncertain object-oriented database models," *EUFIT'97*, pp. 1157–1161, Sep 1997.
- [16] F. Devos, P. Maesfranckx, and G. De Tré, "Granularity in the interpretation of around in approximative lexical time indications," *Journal of Quantitative Linguistics*, vol. 5, pp. 167–173, 1998.

- [17] H. F. Fliegel and T. C. van Flandern, "Letters to the editor: a machine algorithm for processing calendar dates," *Commun. ACM*, vol. 11, pp. 657–, October 1968.
- [18] D. Dubois and H. Prade, *Rough Sets and Current Trends in Computing*, ser. Lecture Notes in Computer Science. Heidelberg, Germany: Springer, 2006, vol. 4259, ch. Bipolar Representations in Reasoning, Knowledge Extraction and Decision Processes, pp. 15–26.
- [19] —, *Handbook of Research on Fuzzy Information Processing in Databases*. New York, USA: Information Science Reference, 2008, ch. Handling bipolar queries in Fuzzy Information Processing, pp. 97–114.
- [20] T. Matthé and G. De Tré, "Bipolar query satisfaction using satisfaction and dissatisfaction degrees: Bipolar satisfaction degrees," in *Proc. of the ACM SAC'09 Conference*, Honolulu, Hawaii, USA, 2009, pp. 1699–1703.
- [21] K. T. Atanassov, "Intuitionistic fuzzy sets," *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 20, pp. 87–96, 1986.
- [22] C. Billiet, J. Pons, T. Matthé, G. De Tré, and O. Pons, "Bipolar fuzzy querying of temporal databases (to appear)," in *Proceedings of 9th Int. Conf. FQAS*. Ghent: Springer Verlag Berlin, 2011.