

Analíticas en contextos de incertidumbre

El caso de la Ingeniería del Software

Dr. Carlos Casanova Pietroboni



Jornadas de CyT y Posgrado
UTN-FRCU

26 de Septiembre de 2023



Esquema

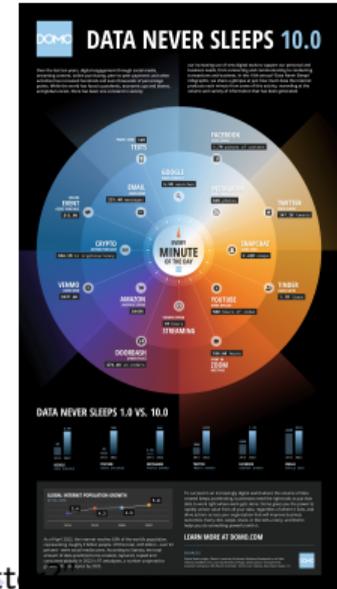
- 1 Analíticas para la toma de decisiones
- 2 Los límites de la precisión
 - El caso de la Ingeniería del Software
- 3 Una propuesta desde la *Soft Computing*
 - Nuestros trabajos
 - Desafíos

Analíticas para la toma de decisiones

Por años los gerentes consideraban la toma de decisiones puramente como un arte que se adquiere con la **experiencia** y mediante el uso de la **intuición**

Estudios de los últimos años sugieren que es muy importante enfatizar la **toma de decisiones analítica, reflexiva y metódica**¹

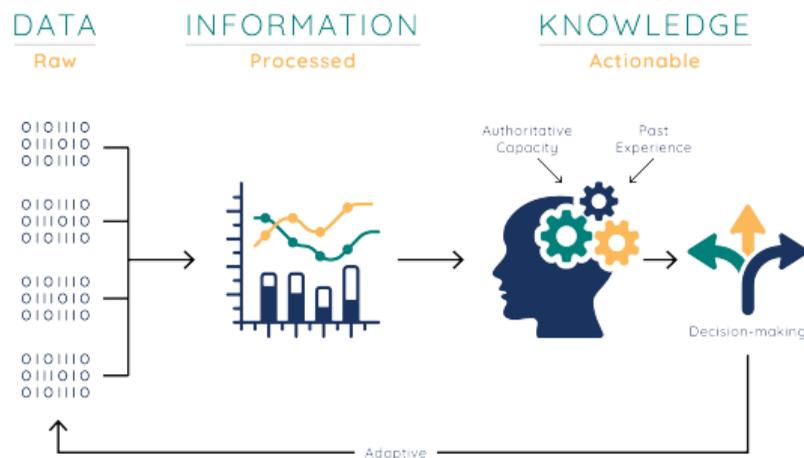
Por otra parte, nunca en la historia hubo tantos datos disponibles



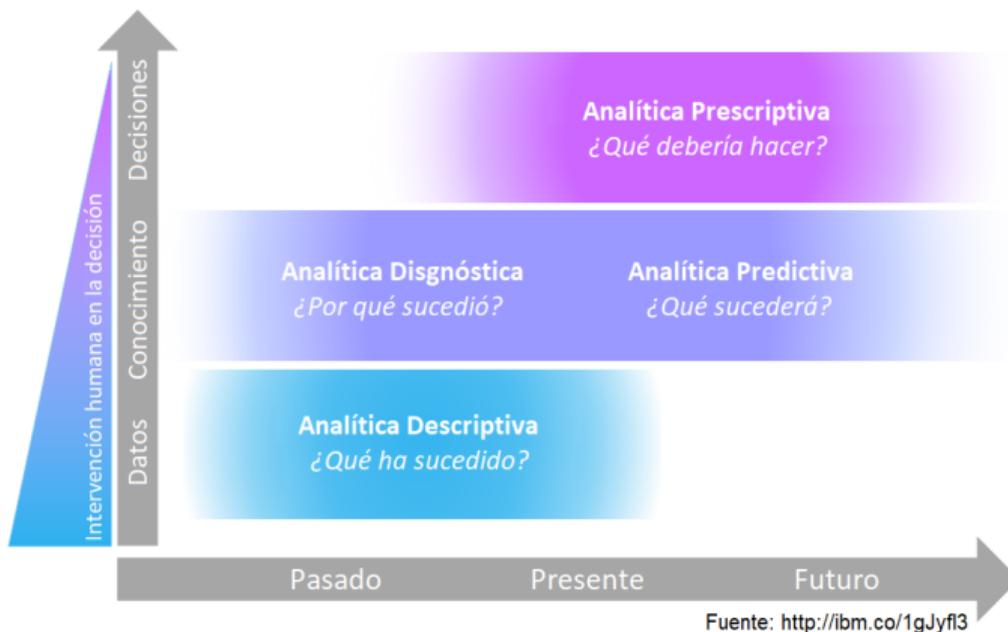
¹Kaplan, Klebanov y Sorensen, "Which CEO Characteristics and Abilities Matter

Analíticas para la toma de decisiones

En este contexto, las **Analíticas** se definen como el **proceso científico** de *transformar los datos en conocimiento para tomar mejores decisiones*².



²Holsapple, Lee-Post y Pakath, "A unified foundation for business analytics".



3

³Minelli, Chambers y Dhiraj, *Big Data, Big Analytics: Emerging Business Intelligence and Analytics Trends for Today's Businesses*.

Analítica descriptiva

A partir del análisis de datos históricos busca responder o describir **qué ha pasado o está pasando**.

Hace **visibles** los datos para los tomadores de decisiones.

Dentro de la analítica descriptiva se incluyen Cuadros de Mando (Dashboards), Reportes, Exploración y Visualización de datos, etc.

Por definición, la analítica descriptiva pretende especificar al mundo tal como es.

Analítica diagnóstica

Partiendo también del análisis de datos históricos, apunta a responder **por qué ha pasado o está pasando**.

Utiliza el análisis de anomalías, correlaciones y dependencias para **localizar la raíz** del problema u oportunidad.

Ejemplos de analítica diagnóstica incluyen la detección de: un efecto día de la semana en una serie temporal, causas raíz de fallas, los motivos por los que un cliente da de baja su suscripción o deja de comprar un producto, patrones de fraude, etc.

Analítica predictiva

Se centra en responder **qué sucederá**.

Analiza **regularidades** y **tendencias** en los datos, y busca extraer conocimiento en forma de patrones o **modelos** que permitan predecir nuevos datos sobre el presente o el futuro (pronósticos).

Ejemplos pueden incluir predicción del éxito financiero de una película, patrones de compra de los clientes, pronóstico del resultado de una promoción u oferta a los clientes, pronóstico climático para la producción de energías renovables, predicción de accidentes de tráfico, entre otros.

Analítica prescriptiva

Responde **qué debería hacerse y cómo podría hacerse** para que algo suceda; es decir, *calcula acciones*.

Pueden ser ejecutadas en el momento (operativas) o en el futuro (tácticas o estratégicas).

Las decisiones operativas pueden estar predefinidas usando reglas de la forma “si «condiciones» entonces «acción»”. Para decisiones tácticas y estratégicas, la **optimización** y la **simulación** son las herramientas comúnmente utilizadas.

Ejemplos de estas decisiones incluyen todo tipo de planes, políticas o agendas. Estas decisiones pueden aprovechar los datos predichos. Por ejemplo, una vez hecho un pronóstico de demanda, puede planificarse el re-abastecimiento del inventario.

Modelado *Crisp*

Muchas de las herramientas tradicionales para realizar este modelado y posterior razonamiento son de carácter determinístico, preciso y “abrupto” (*crisp*).

- En lógica proposicional, una proposición puede ser V o bien F.

Modelado *Crisp*

Muchas de las herramientas tradicionales para realizar este modelado y posterior razonamiento son de carácter determinístico, preciso y “abrupto” (*crisp*).

- En lógica proposicional, una proposición puede ser V o bien F.
- En teoría de conjuntos, un elemento puede pertenecer o no a un conjunto.

Modelado *Crisp*

Muchas de las herramientas tradicionales para realizar este modelado y posterior razonamiento son de carácter determinístico, preciso y “abrupto” (*crisp*).

- En lógica proposicional, una proposición puede ser V o bien F.
- En teoría de conjuntos, un elemento puede pertenecer o no a un conjunto.
- En optimización, una solución puede ser factible o infactible.

Esquema

- 1 Analíticas para la toma de decisiones
- 2 Los límites de la precisión
 - El caso de la Ingeniería del Software
- 3 Una propuesta desde la *Soft Computing*
 - Nuestros trabajos
 - Desafíos



Precisión vs. Imprecisión

Consideremos los siguientes problemas/tareas

- Estacionar un auto

Precisión vs. Imprecisión

Consideremos los siguientes problemas/tareas

- Estacionar un auto
- Controlar el tráfico en una bocacalle

Precisión vs. Imprecisión

Consideremos los siguientes problemas/tareas

- Estacionar un auto
- Controlar el tráfico en una bocacalle
- Cruzar la calle

Precisión vs. Imprecisión

Consideremos los siguientes problemas/tareas

- Estacionar un auto
- Controlar el tráfico en una bocacalle
- Cruzar la calle
- Lavar la ropa

Precisión vs. Imprecisión

Consideremos los siguientes problemas/tareas

- Estacionar un auto
- Controlar el tráfico en una bocacalle
- Cruzar la calle
- Lavar la ropa
- Proveer 0.5 kg de manzana en una verdulería

Precisión vs. Imprecisión

Consideremos los siguientes problemas/tareas

- Estacionar un auto
- Controlar el tráfico en una bocacalle
- Cruzar la calle
- Lavar la ropa
- Proveer 0.5 kg de manzana en una verdulería
- Cortar y repartir una torta en un cumpleaños

Precisión vs. Imprecisión

Consideremos los siguientes problemas/tareas

- Estacionar un auto
- Controlar el tráfico en una bocacalle
- Cruzar la calle
- Lavar la ropa
- Proveer 0.5 kg de manzana en una verdulería
- Cortar y repartir una torta en un cumpleaños
- Comprender de forma preliminar un sistema complejo

Precisión vs. Imprecisión

Consideremos los siguientes problemas/tareas

- Estacionar un auto
- Controlar el tráfico en una bocacalle
- Cruzar la calle
- Lavar la ropa
- Proveer 0.5 kg de manzana en una verdulería
- Cortar y repartir una torta en un cumpleaños
- Comprender de forma preliminar un sistema complejo

Precisión vs. Imprecisión

Consideremos los siguientes problemas/tareas

- Estacionar un auto
- Controlar el tráfico en una bocacalle
- Cruzar la calle
- Lavar la ropa
- Proveer 0.5 kg de manzana en una verdulería
- Cortar y repartir una torta en un cumpleaños
- Comprender de forma preliminar un sistema complejo

Tener en cuenta que, en general, **Precisión** \propto **Costo**

Condiciones de certeza

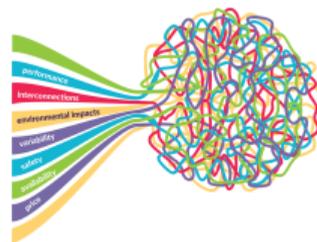
La precisión suele descansar en la **certeza**

“Un argumento que sólo es convincente si es preciso pierde toda su fortaleza si los supuestos en los que está basado cambian sutilmente”⁴

“A medida que la complejidad de un sistema crece, nuestra habilidad para realizar aseveraciones precisas y significativas sobre su comportamiento disminuye hasta que se alcanza un umbral, más allá del cual la precisión y significancia (o relevancia) se convierten en características casi mutuamente excluyentes”⁵

⁴Schwartz, “The Pernicious Influence of Mathematics On Science”.

⁵Zadeh, “Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes”.







Incertidumbre Estocástica

En el mundo real puede resultar imposible conocer completamente el estado futuro de un sistema.

→ **Incertidumbre Estocástica**

Una teoría que aborda este tipo de incertidumbre es la **Teoría de Probabilidades** y la **Estadística**

- Kolmogoroff (frecuentista)
- Koopman y Bayes (subjetivista)

Ambas asumen que los eventos (conjuntos) están bien definidos.

Incertidumbre

¿Existen otros tipos de incertidumbre?

Inespecificidad Relacionada
con la cantidad de alternativas

Borrosidad Dificultad para
definir categorías (conjuntos) nítidas

Disenso Evidencias en conflicto

En el lenguaje natural:

- El paciente está *saludable*
- Esta persona es *alta*
- Si hay un obstáculo *cerca*, frenar *inmediatamente*



Supongamos que dejamos instrucciones
a un menor (responsable) para hornear galletitas



Supongamos que dejamos instrucciones
a un menor (responsable) para hornear galletitas

“Sacarlas del
horno cuando el interior de la galletita esté a 190°C ”



Esquema

- 1 Analíticas para la toma de decisiones
- 2 Los límites de la precisión
 - El caso de la Ingeniería del Software
- 3 Una propuesta desde la *Soft Computing*
 - Nuestros trabajos
 - Desafíos

Los límites de la precisión

La ingeniería de software es la aplicación de un *enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable* al desarrollo, operación y mantenimiento del software⁶, esto es, la aplicación de la ingeniería al software.

Como toda disciplina ingenieril, en ella se combinan **la técnica** y **el arte** en la resolución de problemas relacionados con su objeto de estudio, esto es, el software.

⁶Board, *Guide to the software engineering body of knowledge (SWEBOK (R)): Version 3.0.*

Los límites de la precisión

¿Cómo abordamos problemas comunes dentro de los procesos de desarrollo de software?

Por decir:

- 1 La priorización de los requisitos

Los límites de la precisión

¿Cómo abordamos problemas comunes dentro de los procesos de desarrollo de software?

Por decir:

- 1 La priorización de los requisitos
- 2 La estimación de esfuerzo y plazo

Los límites de la precisión

¿Cómo abordamos problemas comunes dentro de los procesos de desarrollo de software?

Por decir:

- 1 La priorización de los requisitos
- 2 La estimación de esfuerzo y plazo
- 3 La decisión de qué requisitos se implementarán en las próximas versiones

Los límites de la precisión

¿Cómo abordamos problemas comunes dentro de los procesos de desarrollo de software?

Por decir:

- 1 La priorización de los requisitos
- 2 La estimación de esfuerzo y plazo
- 3 La decisión de qué requisitos se implementarán en las próximas versiones
- 4 La asignación de los recursos

Los límites de la precisión

¿Cómo abordamos problemas comunes dentro de los procesos de desarrollo de software?

Por decir:

- 1 La priorización de los requisitos
- 2 La estimación de esfuerzo y plazo
- 3 La decisión de qué requisitos se implementarán en las próximas versiones
- 4 La asignación de los recursos
- 5 Los casos de test de la suite que deben ejecutarse ante una nueva versión

Los límites de la precisión

Si no es con estrategias *heurísticas*, ¿cómo abordar estos problemas de una manera más “técnica” y menos “artística”?

⁷Harman y Jones, “Search-based software engineering”.

Los límites de la precisión

Si no es con estrategias *heurísticas*, ¿cómo abordar estos problemas de una manera más “técnica” y menos “artística”?

Una idea:

- 1 Construir modelos predictivos usando datos del pasado (series de tiempo, modelos causales)
- 2 Usar esos datos como parámetros de modelos de optimización

Esta es la estrategia de la **Ingeniería de Software basada en Búsqueda** (ISBB, SBSE en inglés)⁷

⁷Harman y Jones, “Search-based software engineering”.

Los límites de la precisión

La estrategia de la ISBB es reformular tareas comunes de la IS como problemas de optimización⁸.

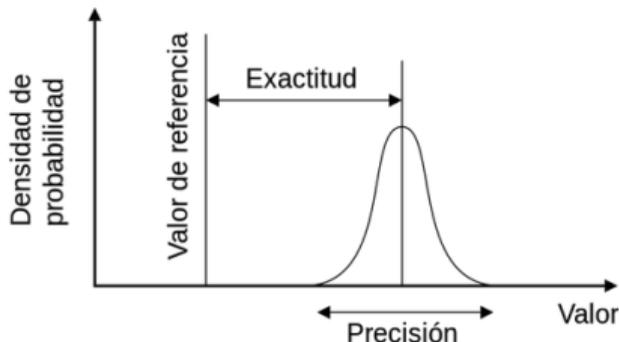
La mayoría de los problemas que surgen en estos contextos son **combinatorios** y **multiobjetivo**.

⁸Clarke y col., "Reformulating software engineering as a search problem".

¿Cuán **confiables** (exactas)
son las predicciones en los contextos de desarrollo de software?

¿Cuán **confiables** (precisos) son los
datos/juicios a partir de los cuales se construyen los pronósticos?

¿Es estrictamente
necesaria (siquiera *posible*) la precisión? (e.g., en estimación)



Utilidad de los modelos

Al construir un modelo intentamos maximizar su utilidad

Tres características clave:

- Complejidad
- Credibilidad
- Incertidumbre

¡La relación entre las tres aún no está completamente comprendida!

Si bien la incertidumbre en soledad es considerada (usualmente) no deseada, se convierte en valiosa en conexión con las otras dos.

$$\text{Incertidumbre} \uparrow \Rightarrow \text{Credibilidad} \uparrow \wedge \text{Complejidad} \downarrow$$

¡El desafío es estimar una cantidad razonable de incertidumbre!

Los límites de la precisión

Los cambios del entorno pueden producir que la utilidad de las analíticas sea **efímera** (si no se utilizan supuestos metodológicos adecuados), y difícilmente merezca la pena tomarse el trabajo de construirlas

Los límites de la precisión

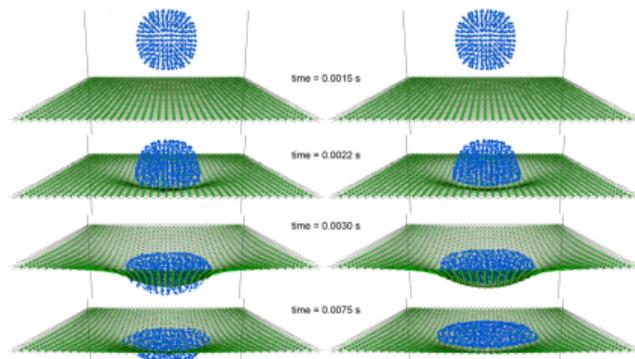
Los cambios del entorno pueden producir que la utilidad de las analíticas sea **efímera** (si no se utilizan supuestos metodológicos adecuados), y difícilmente merezca la pena tomarse el trabajo de construirlas

¿Cómo utilizar técnicas que traten con la *imprecisión, la verdad parcial y la falta de información?*

Los límites de la precisión

Los cambios del entorno pueden producir que la utilidad de las analíticas sea **efímera** (si no se utilizan supuestos metodológicos adecuados), y difícilmente merezca la pena tomarse el trabajo de construirlas

¿Cómo utilizar técnicas que traten con la *imprecisión, la verdad parcial y la falta de información*? \implies **Analíticas permeables a la incertidumbre**



Esquema

- 1 Analíticas para la toma de decisiones
- 2 Los límites de la precisión
 - El caso de la Ingeniería del Software
- 3 Una propuesta desde la *Soft Computing*
 - Nuestros trabajos
 - Desafíos

“La característica de una mente instruida es descansar satisfecha con el grado de precisión que la naturaleza del asunto admite, y no buscar la exactitud cuando sólo es posible una aproximación de la verdad” **Aristóteles (Ética a Nicómaco, cap. V)**

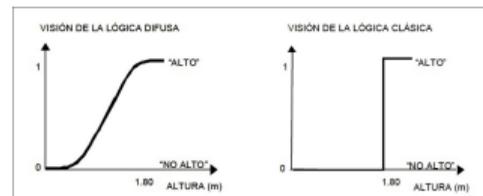
“Si no puedes con tu enemigo, únete a él” **Proverbio**

La Soft Computing “abrazar” la incertidumbre y la convierte en un activo aprovechable

La Computación Blanda se define como tolerante a la imprecisión, incertidumbre, verdad parcial y aproximación.



“La importancia del paper de Zadeh fue que desafió no solo a la teoría de probabilidades como la única capaz de modelar incertidumbre, sino a los propios fundamentos en los que esta teoría se basa: la lógica Aristotélica bivaluada.”⁹



Cuando A es un conjunto difuso (borroso) y x es un objeto de relevancia, la proposición “ x pertenece a A ” no es necesariamente verdadera o bien falsa, sino que podría ser cierta sólo en cierto **grado**, el grado en el que x es realmente un elemento de A .

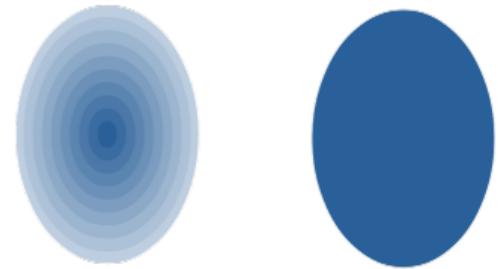
⁹Klir y Yuan, *Fuzzy sets and fuzzy logic: Theory and applications*.

Los grados de pertenencia en conjuntos difusos pueden expresarse como números en el intervalo $[0, 1]$.

Los valores extremos de este intervalo, 0 y 1, representan, respectivamente, la total negación y afirmación de la pertenencia a un conjunto difuso.

Esta capacidad de los conjuntos difusos para expresar **transiciones graduales** de pertenencia a no pertenencia y viceversa tiene gran utilidad.

Particularmente en lo que tiene que ver con la incertidumbre presente en el **lenguaje natural**.



Una propuesta desde la *Soft Computing*

Hard Computing	Soft Computing
Requiere modelos analíticos precisamente definidos	Tolerante a la imprecisión, la verdad parcial, incertidumbre y aproximación
Basada en lógica bivaluada	Basada en lógica difusa, redes neuronales y razonamiento probabilístico
El modelo a seguir es el de la racionalidad perfecta	El modelo a seguir es la mente humana
Soluciones óptimas	Soluciones más satisfactorias

¿Cómo describimos el estado del clima?

¿Cómo describimos el estado del clima?

Soleado, nublado, lluvioso

¿Cómo describimos el estado del clima?

Soleado, nublado, lluvioso

Sea el predicado

$S(x)$: el cielo está soleado si y sólo si hay como mucho un $x\%$ de cielo cubierto por nubes

¿Cómo describimos el estado del clima?

Soleado, nublado, lluvioso

Sea el predicado

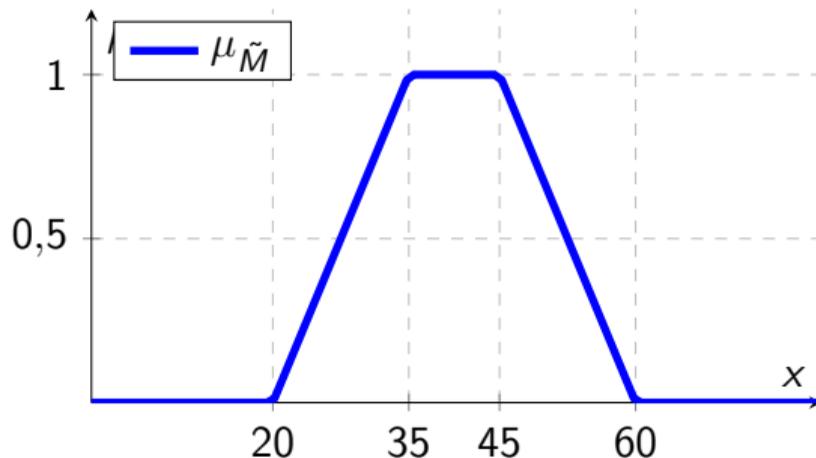
$S(x)$: el cielo está soleado si y sólo si hay como mucho un $x\%$ de cielo cubierto por nubes

<https://www.youtube.com/watch?v=CjTBPNZo2xc>

Sea $\tilde{M}(x)$:

x es de mediana edad (según¹⁰), definido mediante su función de pertenencia

$$\mu_{\tilde{M}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } 35 \leq x \leq 45 \\ \frac{x-20}{15} & \text{si } 20 < x < 35 \\ \frac{60-x}{15} & \text{si } 45 < x < 60 \\ 0 & \text{si no} \end{cases}$$



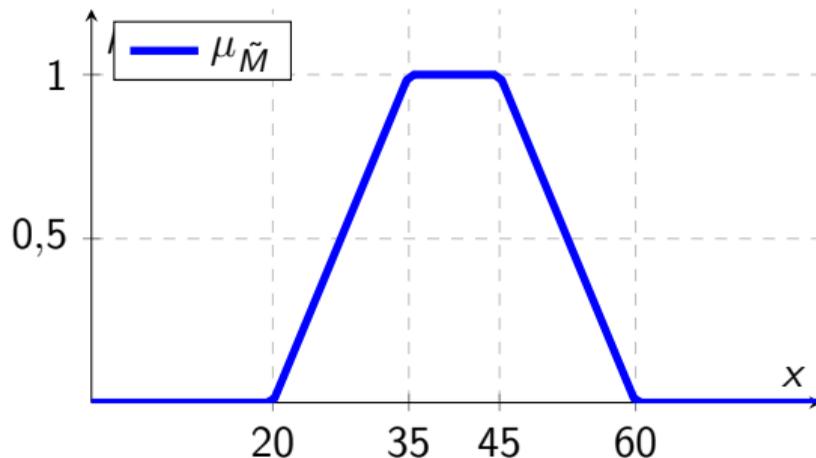
$x = 20$ es posible en grado

¹⁰Klir y Yuan, *Fuzzy sets and fuzzy logic: Theory and applications*.

Sea $\tilde{M}(x)$:

x es de mediana edad (según¹⁰), definido mediante su función de pertenencia

$$\mu_{\tilde{M}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } 35 \leq x \leq 45 \\ \frac{x-20}{15} & \text{si } 20 < x < 35 \\ \frac{60-x}{15} & \text{si } 45 < x < 60 \\ 0 & \text{si no} \end{cases}$$



$x = 20$ es posible en grado 0

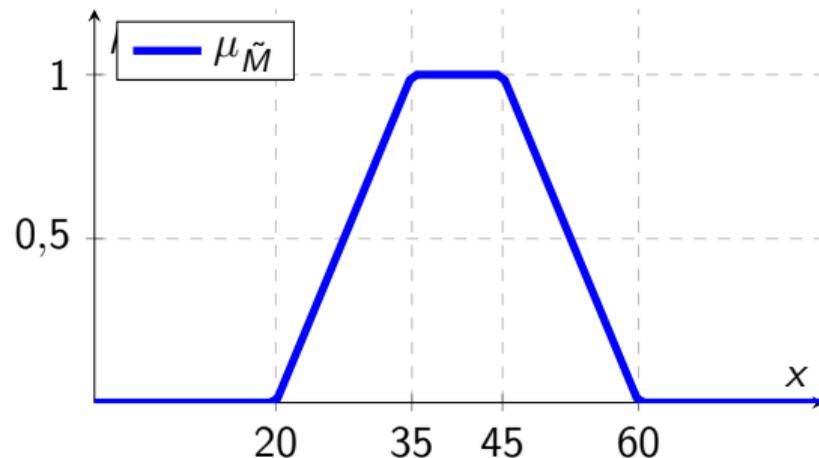
$x = 40$ es posible en grado

¹⁰Klir y Yuan, *Fuzzy sets and fuzzy logic: Theory and applications*.

Sea $\tilde{M}(x)$:

x es de mediana edad (según¹⁰), definido mediante su función de pertenencia

$$\mu_{\tilde{M}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } 35 \leq x \leq 45 \\ \frac{x-20}{15} & \text{si } 20 < x < 35 \\ \frac{60-x}{15} & \text{si } 45 < x < 60 \\ 0 & \text{si no} \end{cases}$$



$x = 20$ es posible en grado 0

$x = 40$ es posible en grado 1

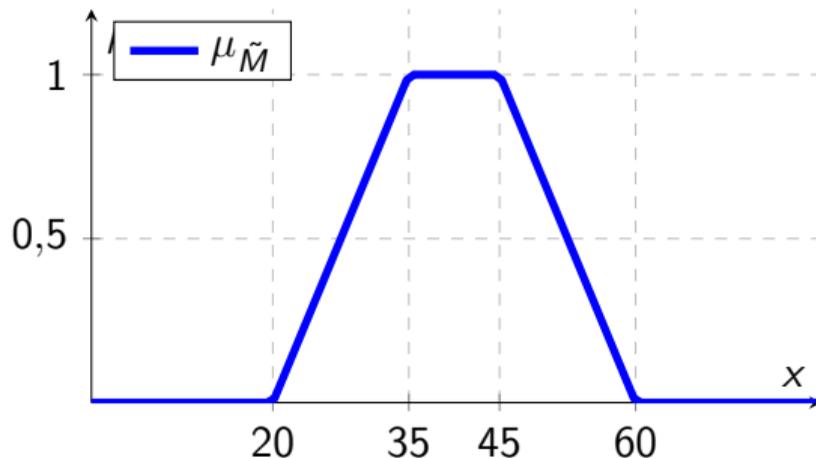
$x = 27,5$ es posible en grado

¹⁰Klir y Yuan, *Fuzzy sets and fuzzy logic: Theory and applications*.

Sea $\tilde{M}(x)$:

x es de mediana edad (según¹⁰), definido mediante su función de pertenencia

$$\mu_{\tilde{M}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } 35 \leq x \leq 45 \\ \frac{x-20}{15} & \text{si } 20 < x < 35 \\ \frac{60-x}{15} & \text{si } 45 < x < 60 \\ 0 & \text{si no} \end{cases}$$



$x = 20$ es posible en grado 0

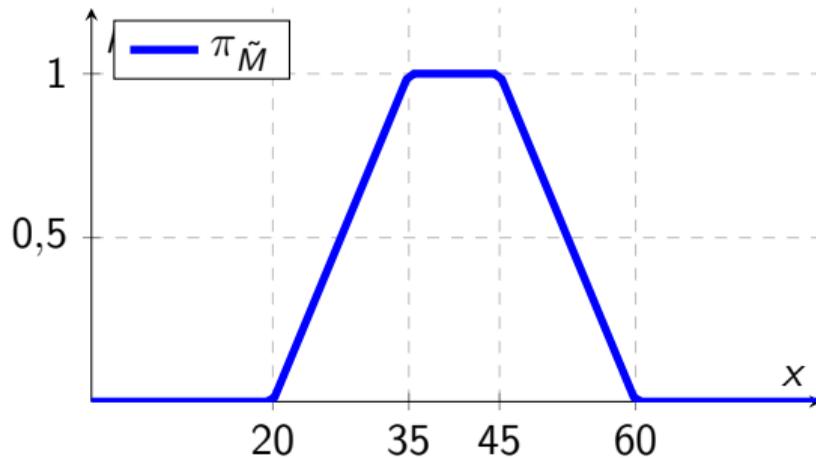
$x = 40$ es posible en grado 1

$x = 27,5$ es posible en grado 0,5

¹⁰Klir y Yuan, *Fuzzy sets and fuzzy logic: Theory and applications*.

Medidas de posibilidad

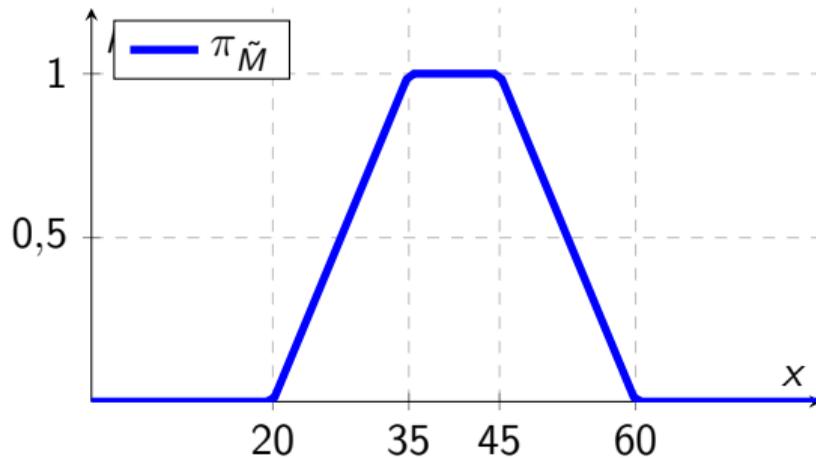
$$\Pi_{\tilde{M}}(A) = \sup_{x \in A} \pi_{\tilde{M}}(x)$$



Medidas de posibilidad

$$\Pi_{\tilde{M}}(A) = \sup_{x \in A} \pi_{\tilde{M}}(x)$$

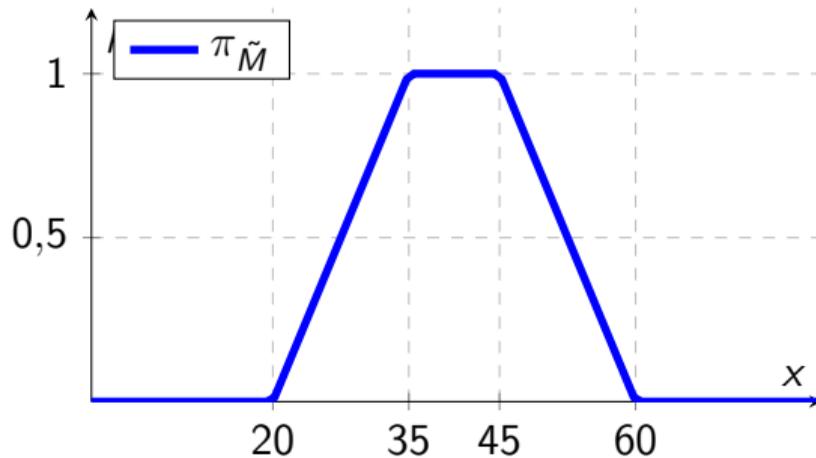
$$\Pi_{\tilde{M}}(\{35\}) =$$



Medidas de posibilidad

$$\Pi_{\tilde{M}}(A) = \sup_{x \in A} \pi_{\tilde{M}}(x)$$

$$\Pi_{\tilde{M}}(\{35\}) = 1$$

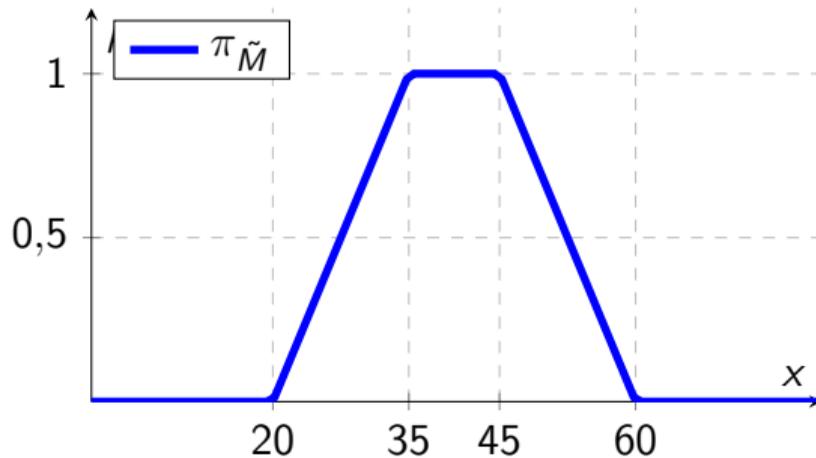


Medidas de posibilidad

$$\Pi_{\tilde{M}}(A) = \sup_{x \in A} \pi_{\tilde{M}}(x)$$

$$\Pi_{\tilde{M}}(\{35\}) = 1$$

$$\Pi_{\tilde{M}}([10, 25]) =$$

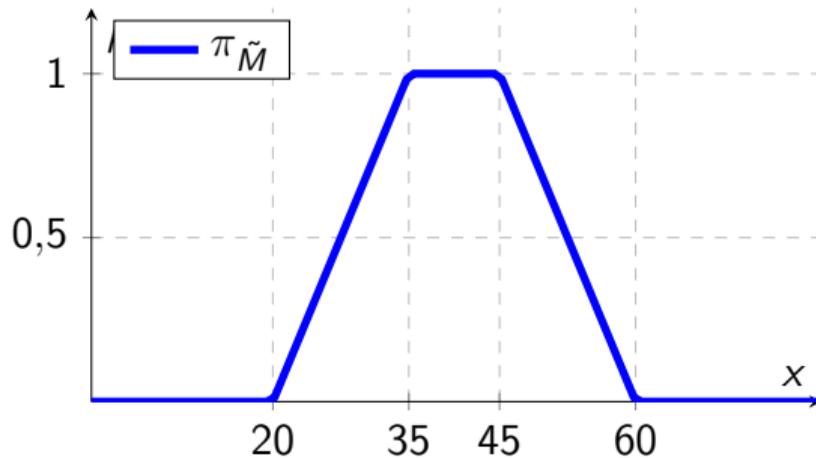


Medidas de posibilidad

$$\Pi_{\tilde{M}}(A) = \sup_{x \in A} \pi_{\tilde{M}}(x)$$

$$\Pi_{\tilde{M}}(\{35\}) = 1$$

$$\Pi_{\tilde{M}}([10, 25]) = 0.3$$



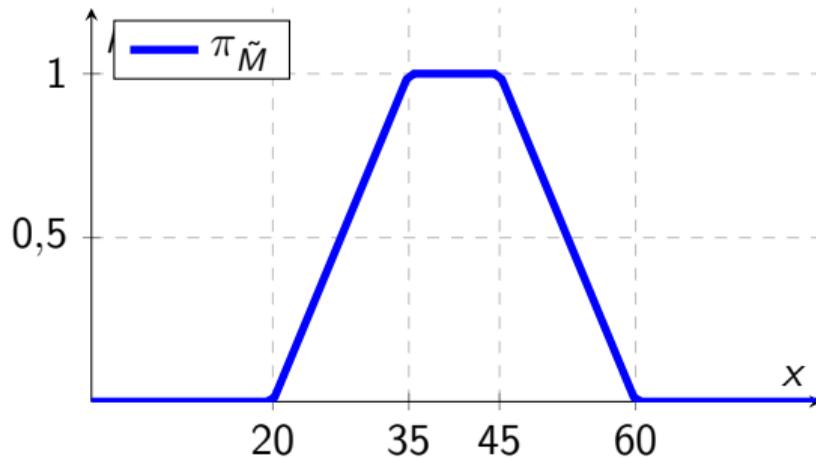
Medidas de posibilidad

$$\Pi_{\tilde{M}}(A) = \sup_{x \in A} \pi_{\tilde{M}}(x)$$

$$\Pi_{\tilde{M}}(\{35\}) = 1$$

$$\Pi_{\tilde{M}}([10, 25]) = 0.3$$

$$\Pi_{\tilde{M}}((-\infty, 30]) =$$



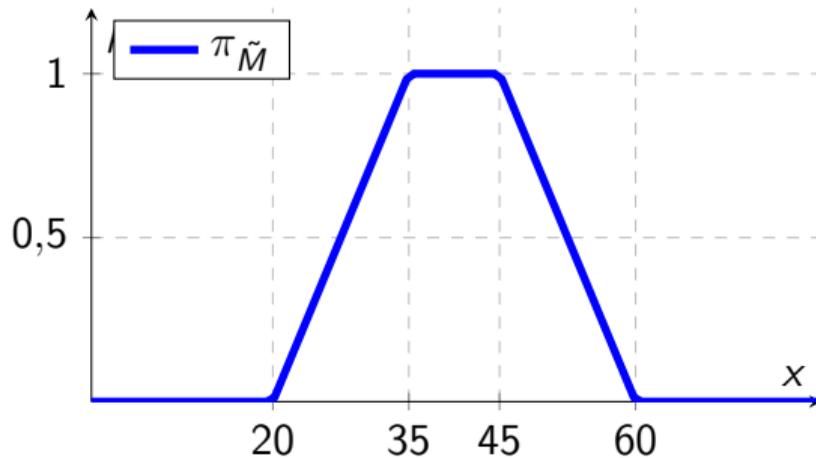
Medidas de posibilidad

$$\Pi_{\tilde{M}}(A) = \sup_{x \in A} \pi_{\tilde{M}}(x)$$

$$\Pi_{\tilde{M}}(\{35\}) = 1$$

$$\Pi_{\tilde{M}}([10, 25]) = 0.3$$

$$\Pi_{\tilde{M}}((-\infty, 30]) = 0.6$$



Medidas de posibilidad

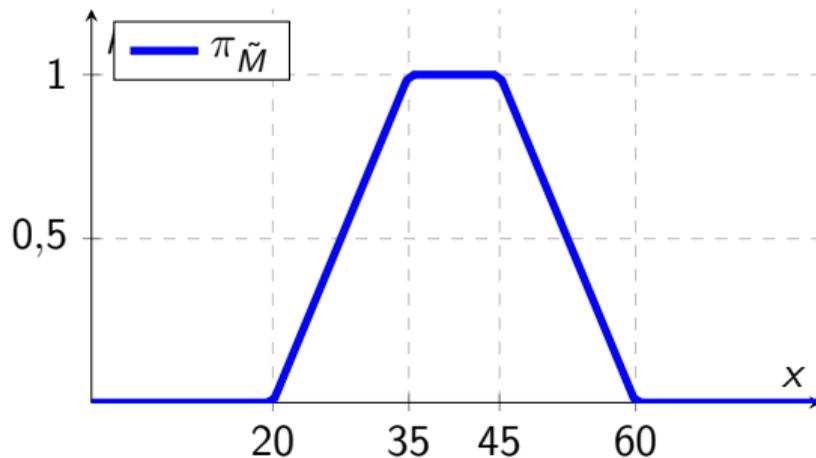
$$\Pi_{\tilde{M}}(A) = \sup_{x \in A} \pi_{\tilde{M}}(x)$$

$$\Pi_{\tilde{M}}(\{35\}) = 1$$

$$\Pi_{\tilde{M}}([10, 25]) = 0.3$$

$$\Pi_{\tilde{M}}((-\infty, 30]) = 0.6$$

$$\Pi_{\tilde{M}}((30, \infty)) =$$



Medidas de posibilidad

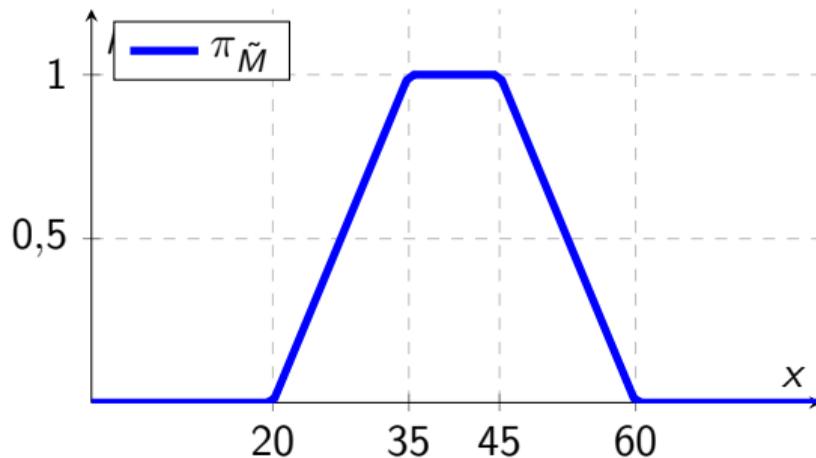
$$\Pi_{\tilde{M}}(A) = \sup_{x \in A} \pi_{\tilde{M}}(x)$$

$$\Pi_{\tilde{M}}(\{35\}) = 1$$

$$\Pi_{\tilde{M}}([10, 25]) = 0.3$$

$$\Pi_{\tilde{M}}((-\infty, 30]) = 0.6$$

$$\Pi_{\tilde{M}}((30, \infty)) = 1$$



Un ejemplo

Suponga que se encuentra planificando un proyecto con tres actividades independientes. No conoce con certeza cuánto esfuerzo le tomará cada actividad, ni cuánto tiempo está dispuesto a esperar su cliente.

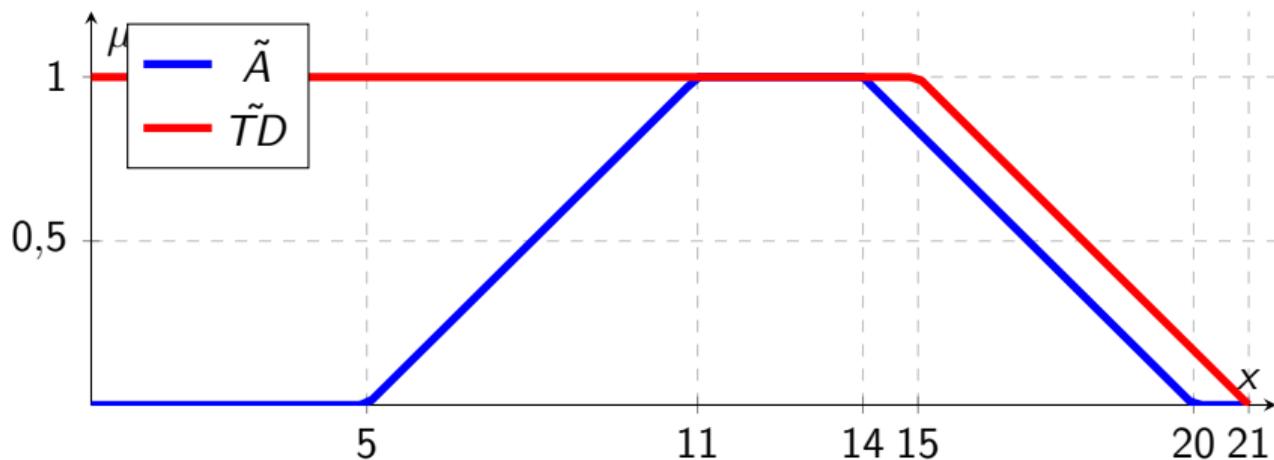
Decide modelar la duración de cada actividad y el tiempo disponible con sendos intervalos difusos para estimar la plausibilidad del proyecto, según su experiencia.

$$\tilde{A}_1 = (2, 3, 4, 6), \quad \tilde{A}_2 = (1, 3, 3, 4), \quad \tilde{A}_3 = (2, 5, 7, 10)$$
$$\tilde{T}D = (0, 0, 15, 21)$$

Según estas estimaciones, ¿es posible cumplir con el cliente?

$$\tilde{A} = \tilde{A}_1 + \tilde{A}_2 + \tilde{A}_3 = (2, 3, 4, 6) + (1, 3, 3, 4) + (2, 5, 7, 10) = (5, 11, 14, 20)$$

$$\tilde{T}D = (0, 0, 15, 21)$$



Esquema

- 1 Analíticas para la toma de decisiones
- 2 Los límites de la precisión
 - El caso de la Ingeniería del Software
- 3 Una propuesta desde la *Soft Computing*
 - Nuestros trabajos
 - Desafíos

Analíticas permeables a la incertidumbre

Planificación de lanzamientos con restricciones blandas

Modelo de Planificación de Lanzamientos de Software utilizando Restricciones Blandas

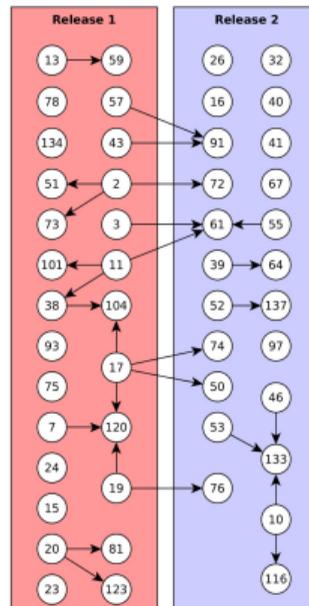
Carlos Casanova, Fernando Pereyra Rausch, Lucas Prado
Grupo de Investigación sobre Inteligencia Computacional e Ingeniería de Software.
Departamento Ingeniería en Sistemas de Información
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concepción del Uruguay
Ing. Pereira 676 - Concepción del Uruguay - E.R. - Argentina.
{casanovac, pereyraf, pradol}@frcu.utn.edu.ar

Resumen

En este trabajo se describe un modelo flexible para el problema de la planificación de lanzamientos de un software utilizando restricciones blandas provenientes de la lógica difusa. Estas restricciones permiten captar la incertidumbre propia de la imprecisión en la estimación de los parámetros, particularmente de esfuerzo. Se propone la transformación del modelo difuso a modelos de programación entera clásica para poder resolverlo. Una prueba de concepto es llevada a cabo para una primera verificación sobre la resolución de los modelos resultantes. Los resultados son prometedores y animan a continuar con la investigación.

compiten entre sí. Algunos de ellos están claramente especificados, mientras que otros son notablemente vagos y se encuentran pobremente definidos [2].

Si sólo hubiera una única solución para un conjunto típico de restricciones de un problema de la Ingeniería de Software, entonces probablemente no sería llamada "ingeniería". De la misma manera que ocurre con otras disciplinas, la Ingeniería de Software generalmente se ocupa de soluciones cuasi-óptimas, o aquellas que caen dentro de una tolerancia aceptable. Es así que los ingenieros de software se enfrentan a problemas que consisten, no en encontrar la solución, sino en construir una solución aceptable, o cuasi-óptima, partiendo de una gran cantidad de alternativas. Con frecuencia no está del todo claro cómo alcanzar una solución óptima, pero puede



$$\text{máx} \sum_{s=1}^m b_s \cdot \sum_{i=1}^n a_{si}(k+1-x)$$

sujeto a

$$x_i = \sum_{l=1}^{k+1} l \cdot y_{il}, \forall i \in \{1, \dots, n\}$$

$$\sum_{l=1}^{k+1} y_{il} = 1, \forall i \in \{1, \dots, n\}$$

$$\sum_{i=1}^n e_i \cdot y_{il} \lesssim p, \forall l \in \{1, \dots, k\}$$

$$x_i \leq x_j, \forall (i, j) \in P$$

$$y_{il} \in \{0, 1\} \forall i \in \{1, \dots, n\}, \forall l \in \{1, \dots, k+1\}$$

Analíticas permeables a la incertidumbre

Priorización de requisitos con etiquetas lingüísticas difusas multicriterio y multiexperto

Vol. 3, No. 1, pp 1 - 18, 2022
DOI: 10.55969/paradigmplus.v3n1a1

PARADIGM *Plus*

Multi-criteria and Multi-expert Requirement Prioritization using Fuzzy Linguistic Labels

Giovanni Daián Rottoli ^{1,2*} and Carlos Casanova ¹

¹Grupo de Investigación en Inteligencia Computacional e Ingeniería de Software (GICIS),
Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Concepción del Uruguay,
Concepción del Uruguay, Argentina.
{rottelig, casanovac}@frcu.ut.edu.ar

Abstract

Requirement prioritization in Software Engineering is the activity that helps to select and order for the requirements to be implemented in each software development process iteration. Thus, requirement prioritization assists the decision-making process during iteration management. This work presents a method for requirement prioritization that considers many experts' opinions on multiple decision criteria provided using fuzzy linguistic labels, a tool that allows capturing the imprecision of each experts' judgment. These opinions are then aggregated using the fuzzy aggregation operator MLJOWA considering different weights for each expert. Then, an order for the requirements is given considering the aggregated opinions and different weights for each evaluated dimension or criteria. The method proposed in this work has been implemented and demonstrated using a synthetic dataset. A statistical evaluation of the results obtained using different t-norms was also carried out.



Analíticas permeables a la incertidumbre

Priorización de requisitos con etiquetas lingüísticas difusas multicriterio y multiexperto

Requirement	Complexity	Reusability	Importance
1	M	L	H
2	M	VH	VH
3	VH	M	H
4	VL	VL	VL
5	M	H	H
6	VH	VH	H
7	L	L	L
8	VL	M	VL
9	VL	L	L
10	L	VL	VH

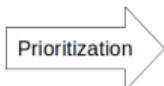
ice

ice

10	L	VL	VH
10	L	VL	VH



Requirement	Complexity	Reusability	Importance
1	M	L	H
2	M	VH	VH
3	H	M	H
4	VL	VL	VL
5	M	H	H
6	VH	VH	H
7	L	L	L
8	VL	M	VL
9	VL	L	L
10	L	VL	VH



Requirement	Complexity	Reusability	Importance
1	M	L	H
2	M	VH	VH
3	H	M	H
4	VL	VL	VL
5	M	H	H
6	VH	VH	H
7	L	L	L
8	VL	M	VL
9	VL	L	L
10	L	VL	VH

i	Order	Requirements										Selected
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	1	0.0	0.5	0.4	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.4	6
2	2	0.4	1.0	0.9	0.0	0.5	-	0.0	0.0	0.0	0.4	2
3	3	0.4	-	1.0	0.0	1.0	-	0.0	0.0	0.0	0.5	3,5
4	5	1.0	-	-	0.0	-	-	0.4	0.5	0.0	1.0	1,10
5	7	-	-	-	0.4	-	-	1.0	1.0	0.5	-	7,8
6	9	-	-	-	0.5	-	-	-	-	1.0	-	9
7	10	-	-	-	1.0	-	-	-	-	-	-	4



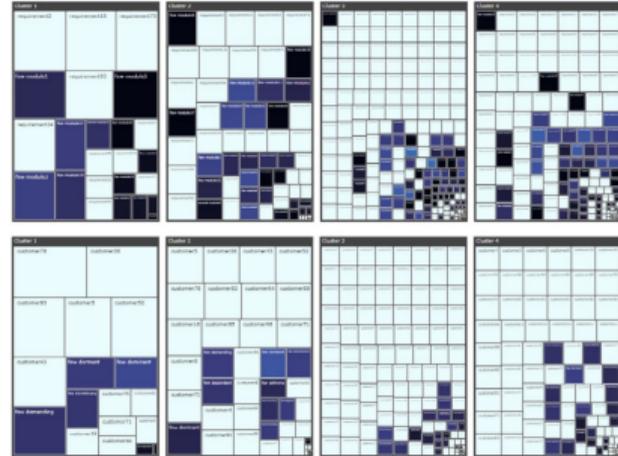
Analíticas permeables a la incertidumbre

Exploración de Frente de Pareto de un problema NRP Bi-objetivo

The screenshot shows the top portion of a research paper article. At the top left is the 'frontiers' logo and the journal title 'Frontiers in Computer Science'. On the right, there are navigation links for 'Sections', 'Articles', 'Research Topics', and 'Editorial Board'. The main title of the article is 'Hierarchical clustering-based framework for *a posteriori* exploration of Pareto fronts: application on the bi-objective next release problem'. Below the title, the authors are listed: Carlos Casanoves, Esteban Schab, Lucas Prado, and Giovanni Dalán Rottoli. A short bio for the authors is provided. The 'Introduction' section begins with: 'When solving multi-objective combinatorial optimization problems using a search algorithm without a priori information, the result is a Pareto front. Selecting a solution from it is a laborious task if the number of solutions to be analyzed is large. This task would benefit from a systematic approach that facilitates the analysis, comparison and selection of a solution or a group of solutions based on the preferences of the decision makers. In the last decade, the research and development of algorithms for solving multi-objective combinatorial optimization problems has been growing steadily. In contrast, efforts in the *a posteriori* exploration of non-dominated solutions are still scarce.' The 'Methods' section states: 'This paper proposes an abstract framework based on hierarchical clustering in order to facilitate decision makers to explore such a Pareto front in search of a solution or a group of solutions according to their preferences. An extension of that abstract framework aimed at addressing the bi-objective Next Release Problem is presented, together with a Dashboard that implements that extension. Based on this implementation, two studies are conducted. The first is a usability study performed with a small group of experts. The second is a performance analysis based on computation time consumed by the clustering algorithm.' The 'Results' section states: 'The results of the initial empirical usability study are promising and indicate directions for future improvements. The experts were able to correctly use the dashboard and properly interpret the visualizations in a very short time. In the same direction, the results of the performance comparison highlight the advantage of the hierarchical clustering-based approach in terms of response time.' The 'Discussion' section states: 'Based on these excellent results, the extension of the framework to new problems is planned, as well as the implementation of new validity tests with expert decision makers using real-world data.'



Nuestros trabajos



Esquema

- 1 Analíticas para la toma de decisiones
- 2 Los límites de la precisión
 - El caso de la Ingeniería del Software
- 3 Una propuesta desde la *Soft Computing*
 - Nuestros trabajos
 - Desafíos

Una propuesta desde la *Soft Computing*

Para seguir trabajando:

Algoritmos apropiados

Los problemas a resolver suelen ser *NP-hard*



Figura 2: Generada con IA (Canva) 



Una propuesta desde la *Soft Computing*

Para seguir trabajando:

Algoritmos apropiados

Los problemas a resolver suelen ser *NP-hard*

Desarrollos integrados en suites de software familiares

Esto puede contribuir a la penetración de los desarrollos en el trabajo cotidiano de la industria



Figura 2: Generada con IA (Canva) 



Una propuesta desde la *Soft Computing*

Para seguir trabajando:

Algoritmos apropiados

Los problemas a resolver suelen ser *NP-hard*

Desarrollos integrados en suites de software familiares

Esto puede contribuir a la penetración de los desarrollos en el trabajo cotidiano de la industria

Vínculos Universidad-Industria

Círculo virtuoso si superamos los prejuicios



Figura 2: Generada con IA (Canva) 



¿Preguntas?

¿Preguntas?

¡Muchas gracias por su atención!

Referencias I

-  Board, SWEBoK Editorial. *Guide to the software engineering body of knowledge (SWEBOK (R)): Version 3.0*. Ed. por Pierre Bourque y Richard E. (Dick) Fairley. IEEE Computer Society, 2014. ISBN: 978-0-7695-5166-1. URL: <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=2616205>.
-  Clarke, John y col. “Reformulating software engineering as a search problem”. En: *IEE Proceedings - Software* 150 (3 2003), pág. 161. ISSN: 14625970. DOI: 10.1049/ip-sen:20030559. URL: http://digital-library.theiet.org/content/journals/10.1049/ip-sen_20030559.
-  Harman, Mark y Bryan F. Jones. “Search-based software engineering”. En: *Information and Software Technology* 43 (14 2001), págs. 833-839. ISSN: 09505849. DOI: 10.1016/S0950-5849(01)00189-6.

Referencias II

-  Holsapple, Clyde, Anita Lee-Post y Ram Pakath. “A unified foundation for business analytics”. En: *Elsevier* (2014). DOI: 10.1016/j.dss.2014.05.013. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dss.2014.05.013>.
-  Kaplan, Steven N., Mark M. Klebanov y Morten Sorensen. “Which CEO Characteristics and Abilities Matter?” En: *Journal of Finance* 67 (3 jun. de 2012), págs. 973-1007. ISSN: 00221082. DOI: 10.1111/j.1540-6261.2012.01739.x.
-  Klir, George J. y Bo Yuan. *Fuzzy sets and fuzzy logic: Theory and applications*. Prentice Hall, 1995. ISBN: 0131011715. DOI: 10.1016/s0925-2312(97)88327-0. URL: www.prenhall.com.

Referencias III

-  Minelli, Michael, Michele Chambers y Ambiga Dhiraj. *Big Data, Big Analytics: Emerging Business Intelligence and Analytic Trends for Today's Businesses*. Wiley, 2013, pág. 224. ISBN: 978-1-118-56226-0. URL: <https://www.wiley.com/en-us/Big+Data%2C+Big+Analytics%3A+Emerging+Business+Intelligence+and+Analytic+Trends+for+Today%27s+Businesses-p-9781118562260>.
-  Schwartz, J. "The Pernicious Influence of Mathematics On Science". En: *Logic, Methodology and Philosophy of Science*. Ed. por Ernest Nagel, Patrick Suppes y Alfred Tarski. Vol. 44. Studies in Logic and the Foundations of Mathematics. Elsevier, 1966, págs. 356-360. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0049-237X\(09\)70603-2](https://doi.org/10.1016/S0049-237X(09)70603-2). URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0049237X09706032>.

Referencias IV

-  Zadeh, Lotfi A. “Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes”. En: *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics* SMC-3.1 (1973), págs. 28-44. DOI: [10.1109/TSMC.1973.5408575](https://doi.org/10.1109/TSMC.1973.5408575).