

Análisis de dependencias entre las variables de Arquitectura Empresarial empleando ecuaciones de relaciones difusas y su aplicación a la mejora de la toma de decisiones en las organizaciones

Annette Malleuve-Martínez,
Daniel Alfonso-Robaina
Facultad de Ingeniería Industrial
U. Tecnológica de la Habana CUJAE
Cuba
{amalleuve,dalfonso}@ind.cujae.edu.cu

Juan Carlos Díaz-Moreno
Jesús Medina Moreno
Dept. de Matemáticas
U. de Cádiz
España
{juancarlos.diaz,jesus.medina}@uca.es

Clemente Rubio-Manzano
Dept. de Matemáticas
U. de Cádiz, España
clemente.rubio@uca.es
Dept. Sistemas de Información
U. del Bío-Bío, Chile
clrubio@ubiobio.cl

Resumen—Actualmente la Arquitectura Empresarial es una práctica que contribuye a incrementar el desempeño de la organización a través de las Tecnologías de la Información. Los constantes cambios y la complejidad a los que se enfrentan las empresas en el mundo real constituyen desafíos para los directivos que son difíciles de manejar en el entorno empresarial.

La necesidad de disponer de una empresa saludable basada en la integración y la mejora continua del desempeño, demanda de instrumentos más eficientes que permitan evaluar la Arquitectura Empresarial a través de todas las dimensiones.

En este trabajo se propone un instrumento formal de análisis de las principales variables que soportan la Arquitectura Empresarial de una organización. Se establece y cuantifica la relación causa-efecto existente entre ellas a partir de un conjunto de reglas de dependencia difusas generadas a partir del conocimiento entregado por un conjunto de expertos de diferentes empresas. A partir de las reglas difusas obtenidas se puede, por un lado, evaluar su correcta definición desde un punto de vista teórico; y por otro, establecer prioridades de mejora teniendo en cuenta el grado de dependencia de las variables en el sistema. Para conseguir esto empleamos las ecuaciones de relaciones difusas que, además de ayudar a tratar la incertidumbre, sirven de herramienta de apoyo para la toma de decisiones y la gestión exitosa de la Arquitectura Empresarial.

Index Terms—Toma de decisiones, Análisis formal de reglas, Arquitectura Empresarial, Ecuaciones de Relaciones Difusas, Lógica Difusa

I. INTRODUCCIÓN

La Arquitectura Empresarial (AE) [20] es una práctica fundamental dentro del ámbito empresarial que responde a dos desafíos permanentes, en primer lugar, los constantes cambios a los que se enfrentan las empresas y, en segundo lugar, la complejidad de enfrentarlos a corto y largo plazo [15], [17]. La AE se ha definido por muchos autores desde diferentes

enfoques: el enfoque de alineación, dirigido a conectar las estrategias de la organización con las Tecnologías de la Información para lograr un mayor rendimiento en el alcance de los planes estratégicos [8] [10] [11]; el enfoque de sistema, representación holística y distribución coherente por niveles organizativos de los procesos, los sistemas de información y la infraestructura tecnológica [4], [18]; el enfoque estratégico, describe un estado presente de la organización a través del nivel de interconexión de los procesos, las TI y las estrategias, y la conduce hacia un estado futuro o nivel superior de madurez utilizando como medios: marcos de trabajo, modelos y herramientas adaptadas a los distintos contextos empresariales [5], [14], [19].

Un aspecto fundamental dentro de la AE son los métodos, herramientas y marcos generados para la gestión de directrices, procedimientos y formas de identificarlo y la transformación en una estructura que agrega continuamente valor al negocio, es flexible y holística [1]–[3], [15]. Un desafío dentro de este ámbito es conseguir instrumentos más flexibles que permitan dar apoyo en la toma de decisiones a directivos y especialistas sobre el presente y el futuro de la empresa ante la incertidumbre y la ambigüedad generada por el gran número de elementos multifactoriales que intervienen en tales procesos.

En este trabajo proponemos un instrumento basado en lógica difusa para analizar, a través de un conjunto de ecuaciones de relaciones difusas, un total de 22 variables de AE junto a sus relaciones de dependencia generadas a partir de los datos primarios obtenidos de una lista de chequeo aplicada a un conjunto de expertos (directivos y especialistas) de la empresa. Un resultado importante de nuestro estudio es la obtención de los aspectos más relevantes que permitan mejorar el proceso de toma de decisiones en la empresa desde el enfoque de AE [13] y la posibilidad de realizar una evaluación formal sobre la corrección en la definición de las reglas de dependencia realizadas por los expertos.

La estructura del artículo es como sigue, la sección II

Partially supported by the State Research Agency (AEI) and the European Regional Development Fund (FEDER) project TIN2016-76653-P. This work has been done in collaboration with the research group SOMOS (Software-Modelling-Science) funded by the Research Agency and the Graduate School of Management of the Bío-Bío University.



presenta las variables que soportan la AE así como la relación causa-efecto entre ellas a través de un conjunto de reglas de dependencia definidas para cada etapa. En la sección III se presenta un método de evaluación de las reglas de implicación obtenidas mediante un sistema de ecuaciones de relaciones difusas. Las conclusiones y el trabajo futuro se entregan en la sección IV.

II. VARIABLES QUE SOPORTAN LA ARQUITECTURA EMPRESARIAL Y LA RELACION CAUSA-EFECTO ENTRE ELLAS

En esta sección se presentan las principales variables que soportan la AE, se establece y cuantifica la relación causa-efecto existente entre ellas a partir del conocimiento entregado por un conjunto de expertos. El resultado es un conjunto de reglas de dependencia que modelan el problema dado.

Las variables de AE se miden a través de tres etapas definidas, teniendo en cuenta las fases por las que transita el proceso de Dirección Estratégica en una organización, dicha relación conceptual(AE y Dirección Estratégica), ha sido discutida en trabajos anteriores [12]. Para cada una de las etapas se realiza dos pasos: i) definición de variables y relación causa-efecto entre ellas; ii) cuantificación de las mismas y definición de las reglas.

A. Etapa 1. Diseño Estratégico basado en Procesos

Las variables involucradas en esta de esta fase son: Equipo Estratégico (EE), la Comunicación entre actores de la organización(CEA), el Rumbo estratégico(RE), el Diagnóstico, Diseño y Rediseño de los Procesos Clave (DDRPC) y el Diagnóstico, Diseño y Rediseño de los Procesos Funcionales (DDRPF).

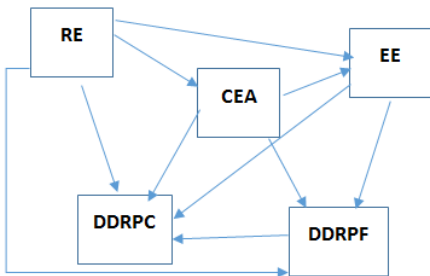


Figura 1. Diagrama de Relaciones e Inograf

A partir de estas variables se establece las relaciones causa-efecto entre las mismas (ver Figura 1) y se cuantifica dicha relación empleando la media geométrica de la puntuación otorgada(1-10) por cada experto a cada variable en la lista de chequeo [13] que se le aplicó en este caso a 9 en total por cada empresa entre directivos y especialistas principales.

Para simplificar la nomenclatura y la visualización de tablas y reglas a cada una de ellas se le ha asignado un código a_1, \dots, a_n : EE (a_1), CEA (a_2), RE (a_3), DDRPC (a_4) and DDRPF(a_5) obteniéndose las siguientes reglas de implicación.

1) $a_2, a_3 \rightarrow a_1$

| | EE | CEA | RE | DDRPC | DDRPF | TOTAL |
|-------|----|-----|----|-------|-------|-------|
| EE | | | | X | X | 2 |
| CEA | X | | | X | X | 3 |
| RE | X | X | | X | X | 4 |
| DDRPC | | | | | | 0 |
| DDRPF | | | | X | | 1 |
| TOTAL | 2 | 1 | 0 | 4 | 3 | 10 |

Figura 2. Relación establecida entre las variables involucradas en el Diseño Estratégico basado en Procesos

- 2) $a_3 \rightarrow a_2$
- 3) $a_1, a_2, a_3, a_5 \rightarrow a_4$
- 4) $a_1, a_2, a_3 \rightarrow a_5$

A partir de las cuales se obtuvo las dependencias mostradas en la Figura 1. Las reglas se deben leer de la siguiente forma: a_2 y a_3 tiene un efecto directo sobre a_1 , en este caso, diríamos que la Comunicación entre Actores Internos y Externos junto al Rumbo Estratégico de la empresa afectará al Equipo Estratégico.

B. Etapa 2. Diseño Estratégico basado en el Enfoque de la Arquitectura Empresarial

Las variables involucradas en la etapa de Diseño Estratégico basado en el enfoque de Arquitectura Empresarial son:

- Gestión de Vigilancia en los procesos (GV).
- Gestión y automatización de los procesos(GAP).
- Capacidad de respuesta ante los cambios (CR).
- Gestión de la Información Relevante en los Procesos(GRP).
- Seguridad de la información (SI).
- Integración de la Información para la toma de decisiones estratégicas (II).
- Estructura de las aplicaciones (EA).
- Nivel de Interoperabilidad (NI).
- Aprovechamiento de las aplicaciones informáticas en los procesos (AAP).
- Inversiones en Infraestructura Tecnológica(IIT).
- Aprovechamiento de la Infraestructura Tecnológica (AIT).
- Integración entre plataformas de infraestructura tecnológica y aplicaciones informáticas (IPA).

Se realiza la misma operación que en la sección anterior, a partir de estas variables se establece las relaciones causa-efecto entre las mismas (ver Figura 3) y se cuantifica empleando la media geométrica de la puntuación otorgada(1-10) por cada experto a cada variable en la lista de chequeo [13] que se le aplicó en este caso a 9 en total por cada empresa entre directivos y especialistas principales.

Se obtuvieron las siguientes reglas y donde para simplificar la nomenclatura y la visualización de tablas y reglas a cada una de ellas se le ha asignado un código (b_1, \dots, b_{12}): GV(b_1), GAP (b_2), CR (b_3), GRP (b_4), SI (b_5), II (b_6), EA (b_7), NI (b_8), AAP (b_9), IIT (b_{10}), AIT (b_{11}) y IPA (b_{12})

- 1) $b_1 \rightarrow b_2$
- 2) $b_1, b_2, b_4, b_5, b_6, b_7, b_6, b_{12} \rightarrow b_3$
- 3) $b_1, b_2, b_6, b_7, b_9, b_{11}, b_{12} \rightarrow b_4$

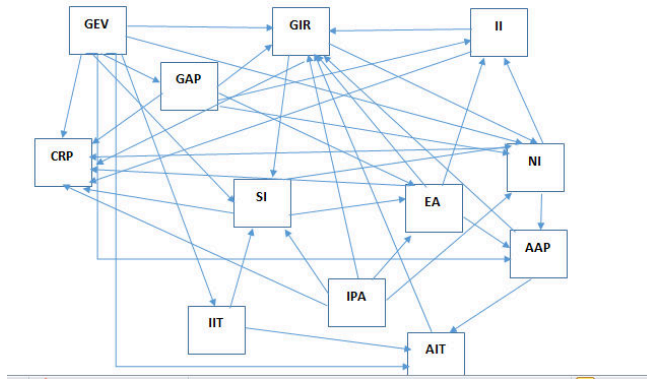


Figura 3. Relación entre las variables de la etapa2

- 4) $b_1, b_4, b_{10}, b_{12} \rightarrow b_5$
- 5) $b_2, b_7, b_8 \rightarrow b_6$
- 6) $b_2, b_5, b_{12} \rightarrow b_7$
- 7) $b_1, b_2, b_4, b_5, b_{12} \rightarrow b_8$
- 8) $b_1, b_7, b_8 \rightarrow b_9$
- 9) $b_1 \rightarrow b_{10}$
- 10) $b_1, b_9, b_{10} \rightarrow b_{11}$

C. Etapa 3. Implementación y Supervisión

Las variables involucradas en la etapa de Diseño Estratégico en la Implementación y Supervisión son:

- Liderazgo de la dirección(LD).
- Asimilación de los Cambios por los Trabajadores (ACT).
- Gestión de indicadores de eficiencia y eficacia(GIN).
- Integración de las TIC - procesos- objetivos estratégicos (IPO).
- Generación de Valor(GV).

Se realiza la misma operación que en las secciones anteriores, a partir de estas variables se establece una relación causa-efecto entre las mismas (ver Figura 5) y se cuantifica dicha relación empleando la media geométrica de la puntuación otorgada(1-10) por cada uno de los expertos en la lista de chequeo [13] que se le aplicó en este caso a 9 en total por cada empresa entre directivos y especialistas principales.

Para simplificar la nomenclatura y la visualización de tablas y reglas a cada una de ellas se le ha asignado un código (c_1, \dots, c_n) : LD (c_1) , ACT (c_2) , GIN (c_3) , IPO (c_4) , GV (c_5)

- 1) $c_1, c_4 \rightarrow c_2$
- 2) $c_1, c_2, c_4 \rightarrow c_3$
- 3) $c_1 \rightarrow c_4$
- 4) $c_1, c_2, c_3, c_4 \rightarrow c_5$

III. ANÁLISIS DE DEPENDENCIAS ENTRE VARIABLES BASADO EN ECUACIONES DE RELACIONES DIFUSAS

Para poder evaluar el conjunto de reglas definidas e interrelacionadas en la sección anterior desde un punto de vista formal se empleará un sistema de ecuaciones relacionales difusas con el objetivo de establecer una relación difusa entre las causas y los efectos y determinar si la relación está bien definida desde el prisma teórico además de obtener un grado de prioridad de cada una de ellas en el modelo de decisión.

A. Ecuaciones de Relaciones Difusas

Las ecuaciones de relaciones difusas fueron introducidas por E. Sanchez. [16] y se asocian con el concepto de composición de relaciones difusas empleándose habitualmente para investigar aspectos teóricos y prácticos de las teoría de conjuntos difusos, como razonamiento aproximado, control automático o toma de decisiones.

En este trabajo se considera, como estructura algebraica en la que se toman los valores de las variables y de las reglas de dependencia entre ellas, el retículo completo $([0, 1], \wedge, \vee, \odot, \rightarrow)$, donde $x \wedge y = \min\{x, y\}$, $x \vee y = \max\{x, y\}$ y los operadores $\odot: [0, 1] \times [0, 1] \rightarrow [0, 1]$ y $\rightarrow: [0, 1] \times [0, 1] \rightarrow [0, 1]$ forman un par adjunto, es decir, verifican la propiedad de adjunción:

$$x \odot y \leq z \quad \text{si y solo si} \quad y \leq x \rightarrow z, \quad \text{para todo } x, y, z \in [0, 1].$$

Dado un conjunto V , el orden en $[0, 1]$ induce un orden parcial en $[0, 1]^V$, definido componente a componente, que dota a $[0, 1]^V$ de una estructura de retículo completo.

Dado un par adjunto (\odot, \rightarrow) , una ecuación de relaciones difusas viene dada por

$$R \circ X = T$$

donde $R: U \times V \rightarrow [0, 1]$, $T: U \times W \rightarrow [0, 1]$ son relaciones difusas sobre $[0, 1]$ dadas, $X: V \times W \rightarrow [0, 1]$ es la relación difusa incógnita, y $R \circ X$ está definida por

$$(R \circ X)(u, w) = \bigvee \{R(u, v) \odot X(v, w) \mid v \in V\}$$

para cada $u \in U, w \in W$.

Una ecuación de relaciones difusas tiene solución si y solo si

$$(R \Rightarrow T)(v, w) = \bigwedge \{R(u, v) \rightarrow T(u, w) \mid u \in U\}$$

es una solución y, en este caso, es la mayor de todas. En caso contrario, $R \Rightarrow T$ es una solución maximal de la inecuación $R \circ X \leq T$ y, por tanto, puede considerarse como una aproximación inferior de la solución.

Ejemplo 1: Se considera el par adjunto (\odot, \rightarrow) sobre $[0, 1]$, siendo \odot el operador de Lukasiewicz, definido por $x \odot y = \max\{0, x + y - 1\}$ y su implicación residuada, dada por $y \rightarrow z = \min\{1, 1 - y + z\}$ para todo $x, y, z \in [0, 1]$. Dados los conjuntos $U = \{u_1, u_2, u_3\}$, $V = \{v_1, v_2, v_3\}$ y $W = \{w_1\}$ y la ecuación $R \circ X = T_1$, donde R y T_1 vienen expresadas por las matrices

| | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|---|-------|-------|
| R | v_1 | v_2 | v_3 | | T_1 | w_1 |
| u_1 | 0.9 | 0.5 | 0.9 | y | u_1 | 0.8 |
| u_2 | 0.2 | 0.9 | 0.7 | | u_2 | 0.6 |
| u_3 | 0.8 | 0.6 | 0.9 | | u_3 | 0.8 |

se calcula $R \Rightarrow T_1$, que viene dada por

| | |
|---------------------|-------|
| $R \Rightarrow T_1$ | w_1 |
| v_1 | 0.9 |
| v_2 | 0.7 |
| v_3 | 0.9 |



| | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-------|
| | GEV | GAP | CRP | GIR | SI | II | EA | NI | AAP | IIT | AIT | IPA | TOTAL |
| GEV | | X | X | X | X | | | X | X | X | X | | 8 |
| GAP | | | X | X | | X | X | X | | | | | 5 |
| CRP | | | | | | | | | | | | | 0 |
| GIR | | | X | | X | | | X | | | | | 3 |
| SI | | | X | | | | X | X | | | | | 3 |
| II | | | X | X | | | | | | | | | 2 |
| EA | | | X | X | | X | | | X | | | | 4 |
| NI | | | X | | | X | | | X | | | | 3 |
| AAP | | | | X | | | | | | | X | | 2 |
| IIT | | | | | X | | | | | | X | | 2 |
| AIT | | | | X | | | | | | | | | 1 |
| IPA | | | X | X | X | | X | X | | | | | 5 |
| TOTAL | 0 | 1 | 8 | 7 | 4 | 3 | 3 | 5 | 3 | 1 | 3 | 0 | 38 |

Figura 4. Relación establecida entre las variables involucradas en el Diseño Estratégico basado en el Enfoque de la Arquitectura Empresarial

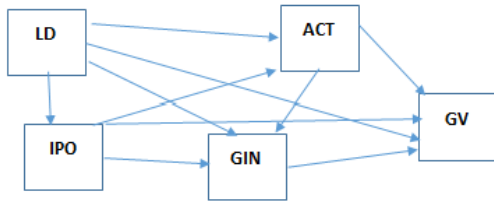


Figura 5. Relación entre las variables de la etapa3

| | | | | | | |
|-------|----|-----|-----|-----|----|-------|
| | LD | ACT | GIN | IPO | GV | TOTAL |
| LD | | X | X | X | X | 4 |
| ACT | | | X | | X | 2 |
| GIN | | | | | X | 1 |
| IPO | | X | X | | X | 3 |
| GV | | | | | | 0 |
| TOTAL | 0 | 2 | 3 | 1 | 4 | 10 |

Figura 6. Relación establecida entre las variables involucradas en la Implementación y Supervisión

y se comprueba que es solución de la ecuación y, por tanto, la solución máxima.

Por el contrario, para T_2 dada por

| | |
|-------|-------|
| T_2 | w_1 |
| u_1 | 0.9 |
| u_2 | 0.5 |
| u_3 | 0.9 |

se obtiene que $R \Rightarrow T_2$ y $R \circ (R \Rightarrow T_2)$ vienen dadas por

| | | | | |
|---------------------|-------|---|-------------------------------|-------|
| $R \Rightarrow T_2$ | w_1 | y | $R \circ (R \Rightarrow T_2)$ | w_1 |
| v_1 | 1.0 | | u_1 | 0.9 |
| v_2 | 0.4 | | u_2 | 0.5 |
| v_3 | 0.8 | | u_3 | 0.8 |

y, por tanto, $R \circ (R \Rightarrow T_2) < T_2$, por lo que $R \Rightarrow T_2$ es una solución maximal de la inecuación $R \circ X \leq T$.

B. Análisis de reglas de dependencia aplicando Ecuaciones de Relaciones Difusas

Las reglas (crisp) de dependencia definidas anteriormente (ver Figuras 1, 3, 5) en el marco teórico serán reescritas para el marco difuso asignándole un peso (valor de verdad) a cada una ellas que será evaluado mediante los datos observados

en las distintas empresas haciendo uso de las ecuaciones de relaciones difusas.

Dado una variable v (efecto) y las variables v_1, v_2, \dots, v_n (causas) denotaremos las reglas de dependencia difusas de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} &(v_1 \rightarrow v, x_1) \\ &(v_2 \rightarrow v, x_2) \\ &\dots \\ &(v_n \rightarrow v, x_n) \end{aligned}$$

donde x_i es el valor de verdad de la regla $(v_i \rightarrow v)$.

Como se mostró en [6], [7] dichos pesos pueden obtenerse resolviendo la ecuación de relaciones difusas

$$v_1(E_i) \odot x_1 \vee v_2(E_i) \odot x_2 \vee \dots \vee v_n(E_i) \odot x_n = x(E_i) \text{ para } i \in \{1, \dots, m\}$$

en la que los datos son los valores observados de las variables en distintas empresas E_1, \dots, E_m .

C. Caso de estudio

La idea consiste en dada un matriz de empresas con sus respectivos valores para las distintas variables, obtenidos a partir de la evaluación de expertos, y dado el conjunto de reglas causa-efecto establecidas en el marco teórico, evaluar mediante un conjunto de ecuaciones de relaciones difusas, los pesos (valor de verdad) de dichas reglas. Estos pesos pueden servir como indicadores de la validez de dichas reglas y de la veracidad de los datos observados en casos futuros, así como para establecer una prioridad entre las causas de un determinado efecto que quiera mejorarse aumentando los valores de dichas causas.

Contamos con datos reales sobre seis empresas de diferentes sectores, tamaños y características denotadas E_1, \dots, E_6 .¹ Las siguientes tablas muestran los valores observados para las variables correspondientes a cada etapa en las distintas empresas.

Para evaluar los pesos de las reglas $a_2 \rightarrow a_1$ y $a_3 \rightarrow a_1$, correspondientes al efecto a_1 , se considera la matriz de entrada cuyas columnas son los valores de a_2, a_3, a_1 , para cada una de las empresas.

¹Los nombres verdaderos de las empresas han sido omitidos por motivos de privacidad.

| Variable | Id | E_1 | E_2 | E_3 | E_4 | E_5 | E_6 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| EE | a_1 | 7.56 | 6.26 | 2.25 | 3.17 | 7.81 | 6.22 |
| CEA | a_2 | 6.44 | 6.26 | 3.91 | 4.8 | 15.64 | 7.60 |
| RE | a_3 | 8.78 | 7.19 | 4.20 | 5.23 | 7.59 | 7.82 |
| DDRPC | a_4 | 9.00 | 6.32 | 3.10 | 5.30 | 7.66 | 8.02 |
| DDRPF | a_5 | 8.78 | 6.16 | 3.83 | 3.88 | 7.70 | 7.63 |

Figura 7. Matriz de entrada para el Diseño Estratégico basado en Procesos

| Variable | Id | E_1 | E_2 | E_3 | E_4 | E_5 | E_6 |
|----------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| LD | c1 | 8.00 | 6.22 | 4.29 | 3.01 | 7.83 | 7.12 |
| ACT | c2 | 7.22 | 7.43 | 4.14 | 4.94 | 6.93 | 4.95 |
| GIN | c3 | 7.56 | 5.11 | 3.24 | 3.36 | 6.46 | 5.87 |
| IPO | c4 | 7.00 | 5.18 | 2.98 | 3.56 | 6.80 | 5.02 |
| GV | c5 | 7.89 | 5.74 | 3.23 | 4.74 | 8.25 | 8.12 |

| Variable | Id | E_1 | E_2 | E_3 | E_4 | E_5 | E_6 |
|----------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| GV | b_1 | 6.89 | 6.02 | 3.56 | 3.20 | 5.07 | 7.14 |
| GAP | b_2 | 6.89 | 7.08 | 3.82 | 3.99 | 5.21 | 6.82 |
| CR | b_3 | 6.56 | 6.55 | 2.36 | 2.70 | 6.81 | 7.78 |
| GRP | b_4 | 8.78 | 7.21 | 3.11 | 3.58 | 6.23 | 7.83 |
| SI | b_5 | 6.89 | 8.34 | 5.73 | 5.50 | 6.32 | 8.47 |
| II | b_6 | 7.22 | 7.18 | 3.64 | 3.79 | 6.96 | 7.84 |
| EA | b_7 | 8.33 | 6.78 | 4.28 | 4.92 | 7.96 | 7.95 |
| NI | b_8 | 5.67 | 5.96 | 1.97 | 4.33 | 6.68 | 4.84 |
| AAP | b_9 | 7.11 | 6.54 | 3.56 | 4.03 | 5.64 | 6.64 |
| IIT | b_{10} | 8.11 | 7.20 | 3.70 | 4.55 | 6.26 | 4.13 |
| AIT | b_{11} | 7.78 | 7.50 | 3.04 | 4.20 | 6.68 | 6.40 |
| IPA | b_{12} | 7.22 | 7.69 | 2.42 | 4.55 | 5.82 | 5.38 |

Figura 8. Matriz de entrada para el Diseño Estratégico basado en el Enfoque de la Arquitectura Empresarial

$$M = \begin{bmatrix} a_2 & a_3 & a_1 \\ 0.644 & 0.878 & 0.756 \\ 0.626 & 0.719 & 0.626 \\ 0.391 & 0.42 & 0.225 \\ 0.481 & 0.523 & 0.317 \\ 0.564 & 0.759 & 0.781 \\ 0.76 & 0.782 & 0.622 \end{bmatrix}$$

A continuación extraemos de M las matrices R (matriz de causas) y T (matriz de efecto)

$$R = \begin{bmatrix} 0.644 & 0.878 \\ 0.626 & 0.719 \\ 0.391 & 0.42 \\ 0.481 & 0.523 \\ 0.564 & 0.759 \\ 0.76 & 0.782 \end{bmatrix} \quad T = \begin{bmatrix} 0.756 \\ 0.626 \\ 0.225 \\ 0.317 \\ 0.781 \\ 0.622 \end{bmatrix}$$

Se calcula entonces

$$R \Rightarrow T = \begin{bmatrix} 0.834 \\ 0.794 \end{bmatrix}$$

$$\text{Dado que } R \circ (R \Rightarrow T) = \begin{bmatrix} 0.672 \\ 0.513 \\ 0.225 \\ 0.317 \\ 0.553 \\ 0.594 \end{bmatrix} < T$$

$R \Rightarrow T$ es una solución maximal de la inecuación $R \circ X \leq T$. Así, se le puede asignar a la regla $a_2 \rightarrow a_1$ el valor de verdad 0.834 y a la regla $a_3 \rightarrow a_1$, el valor de verdad 0.794. Estos resultados ponen de manifiesto que los valores de verdad obtenidos a partir de los datos suministrados por los expertos

son muy cercanos a los establecidos desde el punto de vista teórico. Estos resultados además pueden usarse para establecer la prioridad de mejora entre las variables cuyos valores sean bajos para incrementar el desempeño de la AE. Por ejemplo, si se quiere mejorar el valor de la variable efecto) a_1 , se puede priorizar la mejora del valor de la variable (causa) a_2 , cuyo peso en la relación causa-efecto es mayor, frente a la variable (causa) a_3 .

Para automatizar tal proceso se ha creado una aplicación software que permite cargar las matrices de empresas y aplicar diferentes implicaciones. Así el usuario puede determinar si las relaciones entre las variables y pesos establecidos entre ellas está modelado correctamente desde el punto de vista matemático. La herramienta junto a un manual de usuario se encuentra públicamente disponible en la siguiente dirección web:

https://dsi.face.ubiobio.cl/somos/AE_data_analysis/

La herramienta cuenta con una ventana de visualización de empresas y sus efectos (ver Figura 9-1). Al pulsar sobre la empresa aparecerán los datos asociados a la empresa y al pulsar sobre un efecto se aplicará dicho efecto a la lista de empresas cargadas (ver Figura 9-2). Por ejemplo a partir de los datos mostrados en la Figura 8 se crea una ventana con los datos de la matriz M (definida previamente). El sistema automáticamente crea R y T y computa X (ver Figura 9-3), obteniendo la aproximación T' que se visualiza junto a T original con el objetivo de comprobar la diferencia entre ambas (ver Figura 9-4) y comprobar si el modelado realizado por los expertos es correcto desde un punto de vista teórico.

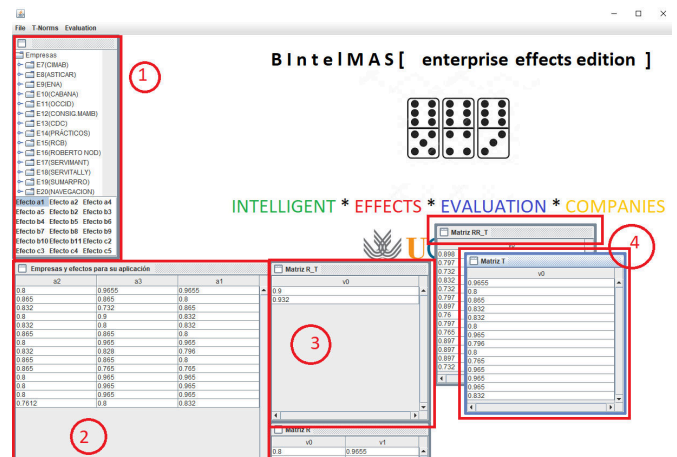


Figura 9. Ventana principal de la aplicación de análisis de dependencias de variables AE



IV. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este trabajo se ha introducido la importancia de disponer de una buena Arquitectura Empresarial para garantizar desempeño de la organización a través de las Tecnologías de la Información. Se han definido las principales variables que las sustentan así como las relaciones de dependencia establecidas por un conjunto de expertos. Con el objetivo de analizar dicho modelo se ha propuesto las ecuaciones de relaciones difusas como un instrumento para medir la calidad de las reglas de dependencia fijadas. El resultado ha sido una herramienta que permite apoyar la toma de decisiones a partir de los datos actuales de un conjunto de empresas.

Como trabajo futuro se pretende obtener la prioridad de mejora que cada una de las variables tienen en la Arquitectura Empresarial con el objetivo de trazar un posible plan de actualización si así lo requiere la empresa.

REFERENCIAS

- [1] F.Ahlemann, E. Stettiner, M. Messerschmidt, C. Legner. Strategic enterprise architecture management: challenges, best practices, and future developments?. pp.85-110, Springer Science & Business Media, 2012.
- [2] S.Aier, S. Kurpjuweit, J. Saat, R. Winter. Enterprise architecture design as an engineering discipline. AIS Transactions on Enterprise Systems, vol. 1, pp. 36?43,2009.
- [3] S. Buckl, A. M. Ernst, M. F. Lankes, C. M. Schweda. Enterprise architecture management patterns?exemplifying the approach. Enterprise Distributed Object Computing Conference, 2008. EDOC08. 12th International IEEE, pp. 393-402. IEEE. 2008.
- [4] M. Berrada y B. Bounabat. Business Modeling of Enterprise Architecture Based on Multi-Agent System International Journal of e-Education, e-Business, e-Management and e-Learning, vol. 14, pp. 472, 2013.
- [5] C.Braun and R. Winter. Integration of IT service management into enterprise architecture? En Proceedings of the 2007 ACM symposium on Applied computing, pp. 1215?1219. ACM 2007.
- [6] M. E. Comejo, J.C. Díaz-Moreno, J. Medina. Multi-adjoint Relation Equations: A Decision Support System for Fuzzy Logic. International Journal of Intelligent Systems, 32(8), 778-800, 2017.
- [7] J.C. Díaz, J. Medina. Multi-adjoint relation equations: Definition, properties and solutions using concept lattices. Information Sciences, 253, 100-109,2013.
- [8] K.Hinkelmann, A. Gerber, D. Karagiannis, B. Thoense, A. Van der Merwe, R. Woitsch A new paradigm for the continuous alignment of business and IT: Combining enterprise architecture modelling and enterprise ontology Computers in Industry, vol. 79, pp. 77-86,2016.
- [9] W. Bandler, L. Kohout. Semantics of implication operators and fuzzy relational products. Int. J. Man-Machine Studies, 12:89-116, 1980.
- [10] J. Lapalme Three schools of thought on enterprise architecture IT professional, vol. 14, pp.37-43,2012.
- [11] M. Lankhorst. Enterprise architecture at work: Modelling, communication and analysis. Springer, 2009.
- [12] A.Malleuve, D.Alfonso,J. Lavandero. Estudio del comportamiento de variables para la integración del sistema de dirección de la empresa con enfoque de Arquitectura Empresarial. Dyna Colombia, 84(203):349-355.2017.
- [13] A.Malleuve Integration of Management System with Enterprise Architecture approach in a communications enterprise unpublished.
- [14] P. Johnson, M. Ekstedt, E. Silva, L. Plazaola. Using enterprise architecture for cio decision-making: On the importance of theory. Second Annual Conference on Systems Engineering Research. 2004.
- [15] J. Schekkerman. How to survive in the jungle of enterprise architecture frameworks: Creating or choosing an enterprise architecture framework? pp.2-33, Trafford Publishing, 2004
- [16] E. Sanchez. Resolution of composite fuzzy relation equations. Information and Control, 30(1):38-48, 1976.
- [17] L.Urbaczewski, S. Mrdalj A comparison of enterprise architecture frameworks Issues in Information Systems, vol. 7,pp. 18-23, 2006.
- [18] F. B. Vernadat. Interoperable enterprise systems: Principles, concepts, and methods Annual reviews in Control, vol. 31, pp. 137?145, 2007.
- [19] R. Winter, R. Fischer. Essential layers, artifacts, and dependencies of enterprise architecture Enterprise. Distributed Object Computing Conference Workshops, 2006. EDOCW 06. 10th IEEE International pp. 30-30. IEEE, 2006
- [20] J. A Zachman. A framework for information systems architecture. IBM Systems Journal, vol. 26, pp. 276-292, 1987.