

Aplicación Web para Evaluación de Desempeño 360 Grados Basada en un Modelo Lingüístico Multigranular

| | | |
|----------------------|------------------------------|------------------------|
| Macarena Espinilla | Francisco J. Martínez | Luis Martínez |
| Universidad de Jaén | Universidad de Jaén | Universidad de Jaén |
| Dept. de Informática | Dept. de Informática | Dept. de Informática |
| 23071 Jaén | 23071 Jaén | 23071 Jaén |
| mestevez@ujaen.es | fjmm0008@estudiante.ujaen.es | luis.martinez@ujaen.es |

Resumen

La productividad en cualquier empresa es un factor clave y más en la situación actual de crisis. Habitualmente, la medición de la productividad de los empleados en una empresa es llevada a cabo mediante un proceso de evaluación de desempeño. La tendencia actual de dicho proceso es efectuarlo a través de un modelo 360 grados, en el cual los empleados son evaluados por los diferentes colectivos que interactúan con él. En esta contribución, nos centramos en modelos de evaluación de desempeño que modelan lingüísticamente la información de los evaluadores para tratar la incertidumbre y que permiten, además, mejorar la comprensión de los resultados finales. Así pues, nuestra propuesta consiste en el desarrollo de una aplicación Web que facilite y automatice los procesos de evaluación de desempeño 360 grados para mejorar la productividad. Dicha aplicación se basa en el modelo de evaluación de desempeño con múltiples escalas lingüísticas.

1. Introducción

Uno de los principales objetivos en las empresas, y más en el momento económico actual en el que nos encontramos, es aumentar la productividad, manteniendo o minimizando los costes.

En la literatura [3, 7] podemos encontrar que la evaluación del esfuerzo y la eficacia de los trabajadores desarrolla, sostiene y mejora determinados niveles de productividad en la

empresa. Por ello, la evaluación de desempeño del capital humano de una empresa tiene, cada vez más, un papel principal en casi todas las empresas.

El objetivo de la evaluación de desempeño es estimar el rendimiento global de un empleado. Para ello, la evaluación mide el grado de eficacia y eficiencia con el que los trabajadores realizan sus actividades, cumplen los objetivos y son responsables de su puesto de trabajo.

Para el proceso de evaluación de desempeño, puede considerarse únicamente la opinión que los supervisores tienen sobre el empleado objeto de evaluación. Sin embargo, esta única opinión genera serios inconvenientes [2, 7] como son evaluaciones poco objetivas, tendencias centrales o errores intencionados, entre otros.

Actualmente, para superar los mencionados inconvenientes, las empresas tienen en consideración, además de las valoraciones de los supervisores, las valoraciones de los demás colectivos que interactúan con el empleado evaluado: clientes, compañeros, colaboradores; incluso tienen en cuenta la opinión que el empleado tiene sobre sí mismo. Este método de evaluación de desempeño es denominado *evaluación integral* o *evaluación 360 grados* [5, 7, 9].

La información que se maneja en los procesos de evaluación de desempeño presenta vaguedad e imprecisión. Por ello, es adecuado modelar dicha información mediante etiquetas lingüísticas [11]. Dicho uso ha dado buenos resultados en situaciones similares, como por ejemplo evaluación sensorial [10].

En esta contribución, partimos del modelo de evaluación integral con múltiples escalas lingüísticas presentado en [1]. Dicho modelo ofrece a cada colectivo una escala lingüística para valorar al empleado. Las escalas ofrecidas atienden al grado de conocimiento que cada colectivo tiene sobre el empleado evaluado. Además, la valoración final del modelo es expresada también lingüísticamente, facilitando la comprensión de los resultados.

Nuestra propuesta consiste en implementar una aplicación Web, descentralizada y distribuida, que automatice los procesos del modelo mencionado. Además, la aplicación desarrollada permite la visualización de gráficos comparativos que contienen las evaluaciones de los distintos empleados, siendo este hecho de gran utilidad para reconocer a los empleados con un mayor y menor rendimiento global.

Para llevar a cabo nuestra propuesta, el trabajo se estructura del siguiente modo: la Sección 2 revisa conceptos necesarios para la correcta comprensión de nuestra propuesta. La Sección 3 presenta una aplicación Web para la evaluación de desempeño 360 grados. La Sección 4 presenta un ejemplo de uso de la aplicación desarrollada. Por último, el trabajo finaliza en la Sección 5 con las conclusiones.

2. Preliminares

En esta sección, revisamos los conceptos de información lingüística utilizados en el modelo de evaluación de desempeño que, posteriormente, también es revisado. Dicho modelo será la base de nuestra propuesta.

2.1. El enfoque lingüístico difuso

El enfoque lingüístico difuso [11] modela la información vaga e imprecisa a través de variables lingüísticas.

Cuando se trabaja con información lingüística es necesario seleccionar los descriptores lingüísticos adecuados y su semántica. Para llevar a cabo esta tarea, un aspecto que debe ser tenido en cuenta es la *granularidad de la incertidumbre*, es decir, la capacidad de discriminación entre distintos valores de información.

Por tanto, la granularidad de la incertidumbre está determinada por el grado de conocimiento que tenga el individuo sobre la variable a valorar. A mayor conocimiento, mayor será el grado de distinción y por tanto, mayor granularidad tendrá la escala lingüística.

Valores típicos de granularidad en una escala lingüística son valores impares, tales como 7 ó 9, donde la etiqueta central representa una valoración de aproximadamente 0.5 y el resto de etiquetas se encuentran distribuidas simétricamente a su alrededor [4]. Una posibilidad es generar todas las etiquetas lingüísticas sobre una escala en la cual se define un orden total. Un ejemplo de escala con 5 etiquetas lingüísticas es el siguiente: $S = \{s_0 : Nada, s_1 : Bajo, s_2 : Medio, s_3 : Alto, s_4 : Perfecto\}$.

La semántica de los términos lingüísticos viene determinada por números difusos definidos en el intervalo $[0, 1]$. Estas son valoraciones aproximadas, por lo que diferentes autores consideran que el uso de funciones de pertenencia paramétricas (triangulares o trapezoidales) es suficiente para capturar la vaguedad de las etiquetas lingüísticas [4].

2.2. Tratamiento de información multigranular. Jerarquías lingüísticas extendidas

Cuando varios individuos expresan sus valoraciones en diferentes escalas lingüísticas con distinta granularidad se define un marco de evaluación con múltiples escalas lingüísticas, denominado multigranular.

Las Jerarquías Lingüísticas Extendidas (*ELH, Extended Linguistic Hierarchies*) fueron presentadas en [6] como unas estructuras que flexibilizan los marcos con información lingüística multigranular. Además, proponen un esquema computacional que permite operar con información lingüística multigranular de un modo preciso.

A continuación, revisamos las reglas de construcción de una ELH y su esquema computacional.

2.2.1. Construcción de una ELH

Una Jerarquía Lingüística Extendida se compone de un conjunto de niveles, donde cada nivel es una escala lingüística simétrica y uniformemente distribuida con una granularidad diferente al resto de niveles. Cada nivel de la ELH es notado como, $l(t, n(t))$, siendo t un número que indica el nivel dentro de la ELH, $n(t)$ la granularidad de la escala que ocupa el nivel t . Cada escala lingüística está formada por el conjunto de etiquetas lingüísticas, $S^{n(t)} = \{s_0^{n(t)}, \dots, s_{n(t)-1}^{n(t)}\}$.

Para construir una ELH se definieron las siguientes reglas [6]:

- **Regla 1 Extendida:** Incluir en la ELH el conjunto de las m escalas lingüísticas ordenadas según su granularidad, $l(t, n(t))$, $t = 1, \dots, m$, $n(t) < n(t+1)$, que definen el marco lingüístico multigranular.
- **Regla 2 Extendida:** Añadir un último nivel, $l(m+1, n(m+1))$, a la ELH que es notado como $l(t', n(t'))$ con la siguiente granularidad: $n(t') = m.c.m.(n(t)-1)+1$, $t = 1, \dots, m$, siendo *m.c.m.* el *mínimo común múltiplo*. Este nivel es utilizado para realizar los procesos computacionales sin pérdida de información.

2.2.2. Esquema computacional

La información valorada en un marco lingüístico multigranular debe ser unificada en una escala lingüística única antes de operar simbólicamente sobre ella, ya que no es posible operar con información que no se encuentra en un mismo dominio de expresión.

El esquema computacional propuesto en las ELH para operar sobre la información expresada en un marco lingüístico multigranular es definido como sigue [6] (ver figura 1):

1. **Fase de Unificación de la Información.** Para unificar la información, las ELH utilizan la función de transformación entre niveles de una Jerarquía Lingüística, TF_{σ}^d (Ecuación 1) [6].

$$TF_{\sigma}^d : l(d, n(d)) \longrightarrow l(o, n(o)).$$

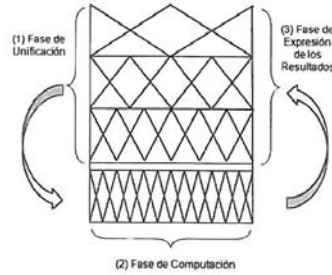


Figura 1: Esquema Computacional

$$TF_{\sigma}^d(s_i^{n(o)}, \alpha^{n(o)}) = \Delta \left(\frac{\Delta^{-1}(s_i^{n(o)}, \alpha^{n(o)}) \cdot (n(d') - 1)}{n(d) - 1} \right). \quad (1)$$

La información expresada en las diferentes escalas es expresada en el último nivel de la ELH, $(t', n(t'))$. Para ello se utiliza la función TF_{σ}^d donde $o = \{1, \dots, n\}$ es cada uno de los niveles donde ha sido expresada la información. La información unificada es expresada en el nivel de destino d , siendo este nivel $l(t', n(t'))$.

2. **Fase de Computación.** Los procesos computacionales son llevados a cabo sobre la información unificada en el nivel, $(t', n(t'))$, sin pérdida de información, usando el modelo lingüístico basado en 2-tupla [8].
3. **Fase de Expresión de los Resultados.** Los resultados son expresados en cualquier nivel de la ELH de un modo preciso. Para ello es utilizada la función TF_{σ}^d donde o es el nivel donde se han obtenido los resultados, $l(t', n(t'))$, que son transformados a los niveles en los que se ha expresado la información, $l(d, n(d))$, $d = \{1, \dots, m\}$.

La fase de expresión de los resultados, no es obligatoria, pero sí recomendable, ya que facilita la comprensión de los mismos.

2.3. Modelo de evaluación de desempeño 360 grados con múltiples escalas lingüísticas

En esta sección, revisamos el modelo de evaluación de desempeño 360 grados con múltiples escalas lingüísticas basado en las *ELH* [1] que implementa nuestra propuesta. El esquema de dicho modelo es el siguiente (ver figura 2):

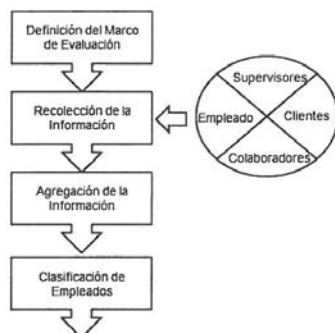


Figura 2: Esquema del Modelo

1. **Definición del Marco de Evaluación.** En esta fase se fijan todos los elementos que intervienen en el proceso de evaluación 360 grados: el conjunto de empleados a evaluar, los criterios que se valoran, los grupos de evaluadores y las escalas lingüísticas a utilizar por cada colectivo. Una vez fijadas las escalas, es construida la jerarquía lingüística extendida.
2. **Recolección de la Información.** En esta fase se recogen las valoraciones de los evaluadores que componen cada colectivo sobre el conjunto de empleados a evaluar. Cada colectivo utilizará la escala lingüística fijada en la etapa anterior.
3. **Agregación de la Información.** En esta fase se realizan los procesos computaciona-

les para obtener la valoración global del rendimiento de los empleados evaluados. Los procesos computacionales son realizados siguiendo el esquema de las jerarquías lingüísticas extendidas, revisado en la subsección 2.2.2.

4. **Clasificación de Empleados.** Finalmente se realiza una clasificación atendiendo a los objetivos marcados por la empresa.

Una descripción detalla del modelo puede encontrarse en [1].

3. Aplicación Web para evaluación de desempeño 360 grados

En esta sección, presentamos nuestra propuesta que consiste en el desarrollo de una aplicación Web que gestiona y automatiza el proceso de evaluación de desempeño de los trabajadores de una empresa. Dicha aplicación implementa el modelo de evaluación de desempeño 360 grados con múltiples escalas lingüísticas revisado en la sección anterior.

La aplicación que presentamos está accesible en la siguiente dirección Web: <http://sinbad2.ujaen.es:8080/edumel>. A continuación, detallamos la arquitectura de la aplicación Web y su funcionalidad.

3.1. Arquitectura de la aplicación

La arquitectura software escogida para el desarrollo de nuestra aplicación es una arquitectura cliente/servidor.

La figura 3 muestra gráficamente la estructura de nuestra aplicación, en ella se observa la existencia de varios terminales conectados a un servidor, los cuales pueden realizar diferentes acciones sobre la base de datos (consultas, inserciones o borrados). Debido a la elevada carga computacional y al alto número de accesos a la base de datos se ha optado por utilizar un servidor Apache Tomcat 6 con conexión a una Base de Datos MySQL 5. Por otro lado, la implementación de la aplicación se ha desarrollado utilizando el lenguaje etiquetado HTML y JSP para la generación de contenidos dinámicos.

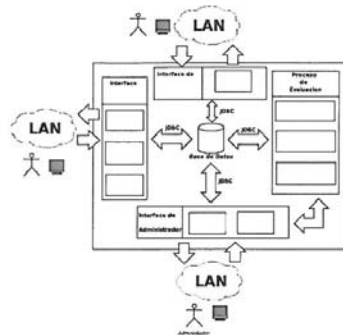


Figura 3: Arquitectura Cliente-Servidor

3.2. Funcionalidad de la aplicación Web

La funcionalidad de la aplicación la presentamos desde cada una de las fases que componen el modelo de evaluación de desempeño 360 grados. Dentro de cada una de las fases, describiremos la funcionalidad y el rol que la realiza: *administrador, evaluador o recursos humanos*.

3.2.1. Definición del marco de evaluación

En el marco de evaluación son definidos todos los elementos que intervienen en el proceso de evaluación de desempeño. Tal definición es realizada por un usuario con el rol *administrador* que puede gestionar usuarios, departamentos, indicadores, encuestas y evaluaciones.

El *administrador* define diversos indicadores y las escalas lingüísticas utilizadas para valorar cada indicador. Además, diseña encuestas en las que incluye los indicadores oportunos, atendiendo al tipo de evaluación.

El primer paso para crear una evaluación es seleccionar el tipo. Existen dos tipos de evaluación: evaluación ordinaria y evaluación de promoción. En la evaluación ordinaria se evalúa el desempeño de los empleados; la evaluación de promoción tiene como fin obtener una

valoración para promocionar a un puesto determinado. En función del tipo de evaluación y según el empleado evaluado, el sistema automáticamente selecciona el conjunto de evaluadores del empleado, permitiendo añadir o eliminar manualmente algún evaluador a dicho conjunto. El último paso para definir la evaluación es asociar la encuesta, anteriormente diseñada, para recoger las valoraciones de los evaluadores. En la figura 4 se muestra un ejemplo de diseño de una evaluación.



Figura 4: Creación de una evaluación

3.2.2. Recolección de la información

Una vez fijado el marco de evaluación por el *administrador*, el siguiente paso es obtener de los trabajadores las valoraciones del conjunto de empleados a evaluar. Para ello, existen en el sistema un conjunto de usuarios con el rol de *evaluador*.

El sistema muestra a cada *evaluador* una encuesta por cada empleado para el cual ha sido seleccionado para emitir su opinión. Según la interacción que tiene el *evaluador* con el empleado a evaluar, el sistema muestra automáticamente la escala lingüística apropiada para completar la encuesta.

Las encuestas que muestra el sistema se clasifican en encuestas en curso (abiertas) y en encuestas expiradas (cerradas). Mientras las encuestas están abiertas, el *evaluador* puede

FUNCIÓN DE AGREGACIÓN ELEGIDA
PARA VISUALIZAR RESULTADOS

MEDIA ARITMÉTICA
 MEDIANA
 MÁXIMO
 MÍNIMO

| ID | Evaluation Name | Global Value for employees | Global Value for Indicators |
|----|---|----------------------------|-----------------------------|
| 1 | EVALUACION TRABAJO EN GRUPO SISTEMAS INFORMÁTICOS | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

Figura 5: Elección de la función de agregación

insertar sus valoraciones, o modificar las existentes si ya las hubiera insertado con anterioridad (ver figura 7). Cuando el *evaluador* cierra la encuesta, el sistema tan sólo podrá mostrarle las valoraciones realizadas, no pudiendo éste modificar las valoraciones.

Por otro lado, el *administrador* puede imponer una fecha límite para recolectar la información, es decir, puede fijar una fecha en la que las encuestas serán cerradas y los *evaluadores* no podrán ni insertar ni modificar sus valoraciones, tan sólo podrán visualizar el contenido de las encuestas.

3.2.3. Agregación de la información

El sistema realiza los procesos computacionales según el tipo de operador de agregación seleccionado, bajo la supervisión de un usuario con el rol de *recursos humanos*.

Actualmente, el sistema cuenta con los siguientes operadores de agregación: máximo, mínimo, media aritmética y mediana (ver figura 5). Una vez seleccionado el operador de agregación, son realizados los procesos computacionales para obtener la valoración global de cada empleado. El sistema permite modificar el tipo de operador y, por lo tanto, recalcula todas las valoraciones.

3.2.4. Clasificación de empleados

Una vez calculada la valoración global de cada empleado, el sistema visualiza, tan sólo a los usuarios con el rol de *recursos humanos*, la clasificación de los empleados evaluados de acuerdo a su valoración global. Además, el sistema ofrece la posibilidad de establecer la clasificación parcial atendiendo a un indicador o

a un colectivo.

La clasificación de los empleados puede ser mostrada en cualquier escala lingüística que compone el marco de evaluación. Además, junto a la clasificación, el sistema muestra gráficas comparativas que permiten reconocer a los empleados con un mayor y menor rendimiento global (ver figura 8).

4. Ejemplo ilustrativo del uso de la aplicación. Caso de estudio

En esta sección, presentamos un ejemplo ilustrativo del uso de la aplicación Web. El caso de estudio llevado a cabo se ha realizado para evaluar el trabajo desarrollado por cada alumno de la asignatura de Sistemas Informáticos perteneciente a la titulación de Ingeniería en Informática de la Universidad de Jaén. La evaluación realizada está basada en el modelo de desempeño 360 grados con múltiples escalas lingüísticas y se ha llevado a cabo a través de la aplicación Web propuesta en la sección anterior. A continuación, mostramos cada uno de los pasos realizados en la aplicación Web, dichos pasos atienden a las fases del modelo de evaluación de desempeño.

4.1. Definición del marco de evaluación

El marco de evaluación está definido por 28 alumnos y un profesor. Los alumnos están repartidos en 7 grupos de trabajo, por lo que cada grupo de trabajo está formado por 4 alumnos. Cada alumno, cuenta con un supervisor que es el profesor y 3 compañeros que son los alumnos que forman parte de su grupo de trabajo. Por el contexto del problema, en este caso de estudio no se cuenta con la figura cliente.

Los indicadores fijados para evaluar a cada alumno son los siguientes: cumplimiento de las obligaciones establecidas por el profesor en cada práctica, calidad y desarrollo del trabajo, dominio de la asignatura, interacción con el resto de miembros del proyecto, recursos utilizados, valoración global. Dichos indicadores se engloban en la encuesta mostrada en la figura 6.

El objetivo de esta evaluación es obtener



Figura 6: Creación de una encuesta

una evaluación del trabajo realizado por cada alumno en su grupo de prácticas, por lo que la evaluación seleccionada es de tipo ordinario. En dicha evaluación son incluidos los 28 alumnos de la asignatura. Para recolectar las valoraciones, el administrador fija en el marco de evaluación que el profesor utiliza una escala de 7 términos lingüísticos y los alumnos una escala de 5 términos lingüísticos.

4.2. Recolección de la información

Para recoger la información, el profesor y los alumnos acceden al sistema y completan las encuestas que tienen abiertas. El profesor completa 1 encuesta por cada alumno, es decir, 28 encuestas. Cada alumno rellena 4 encuestas, de las cuales 3 corresponden a sus 3 compañeros de grupo de trabajo y una es para valorarse a sí mismo.

La figura 7 muestra un ejemplo de como un alumno evalúa a su compañero de grupo.

4.3. Agregación de la información

Para agregar la información, el profesor entra al sistema con el rol de *recursos humanos*. En este caso de estudio, el operador de agregación seleccionado es media aritmética 2-tupla lingüística (ver figura 5).



Figura 7: Realización de una evaluación

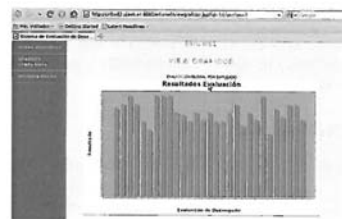


Figura 8: Gráfico comparativo

4.4. Clasificación de empleados

La clasificación de los alumnos es visualizada al profesor que accede al sistema, también bajo el rol de *recursos humanos*. En la figura 8 es mostrada la clasificación de los alumnos en la asignatura. Podemos observar como la gráfica facilita la comparación entre los alumnos.

5. Conclusiones

El uso de la evaluación de desempeño 360 grados es común en las empresas, ya que mejora la competitividad y productividad de sus empleados. Este método incluye en el proceso de evaluación la opinión de los colectivos que interactúan con el empleado y además, tiene en cuenta la opinión de éste. En esta contri-

bución, nos centramos en un modelo de evaluación de desempeño 360 grados definido en un contexto lingüístico multigranular que utiliza las jerarquías lingüísticas extendidas para el tratamiento de la información. Nuestra propuesta ha consistido en desarrollar una aplicación Web que implementa dicho modelo, facilitando y automatizando los procesos de evaluación de desempeño. Además, la herramienta visualiza gráficos comparativos entre los distintos empleados evaluados, siendo este hecho de gran utilidad para reconocer a los empleados con un mayor y menor rendimiento global. Por último, hemos mostrado un ejemplo que ilustra el funcionamiento de la aplicación.

Agradecimientos

Este artículo ha sido realizado con la ayuda de P08-TIC-3548, TIN2009-08286 y los Fondos Feder.

Referencias

- [1] R. de Andrés, M. Espinilla, and L. Martínez. An extended hierarchical linguistic model for managing integral evaluation. Technical Report Technical Report #DI-0001. <http://sinbad2.ujaen.es/sinbad2/files/publicaciones/268.pdf>, University of Jaén, 2010.
- [2] C. G. Banks and L. Roberson. Performance appraisers as test developers. *Academy of Management Review*, 10:128–142, 1985.
- [3] J. N. Baron and D. M. Kreps. *Strategic Human Resources, Frameworks for General Managers*. Wiley & Sons, Nueva York, 1999.
- [4] P. P. Bonissone and K. S. Decker. *Uncertainty in Artificial Intelligence*. North-Holland, 1986.
- [5] M. Edwards and E. Ewen. Automating 360 degree feedback. *HR focus*, 70:3, 1996.
- [6] M. Espinilla, J. Liu, and L. Martínez. An extended hierarchical linguistic model for decision-making problems. *Computational Intelligence*, In Press, 2010.
- [7] C. Fisher, L. F. Schoenfeldt, and J. B. Shaw. *Human Resources Management*. Houghton Mifflin Company, Boston, 2006.
- [8] F. Herrera and L. Martínez. A 2-tuple fuzzy linguistic representation model for computing with words. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 8:746–752, 2000.
- [9] S. Marshall. *Complete turnaround 360-degree evaluations gaining favour with workers management*. Arizona Republic, D1, 1999.
- [10] L. Martínez, M. Espinilla, and L. G. Pérez. A linguistic multi-granular sensory evaluation model for olive oil. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 1(2):148–158, 2008.
- [11] L. Zadeh. The concept of a linguistic variable and its applications to approximate reasoning. *Information Sciences*, Part I y Part II (8), Part III (9):199–249,301–357,43–80, 1975.