

Tipo de artículo : Artículo original
Temática: Ingeniería y gestión de software
Recibido: 30/06/2021 | Aceptado: 01/10/2021

Sistema Inteligente Para La Propuesta De Recomendaciones En La Mejora De Procesos De Software

Intelligent System For Recommendations Proposal In Software Process Improvement

Yordanis Crespo Urrutia ^{1*} <https://orcid.org/0000-0003-4353-1592>

Ana Marys Garcia Rodríguez ² <https://orcid.org/0000-0001-6218-8510>

Reisbel Socarras Peña ³ <https://orcid.org/0000-0002-1747-7089>

Lázaro Franklyn Zamora Fernández ³ <https://orcid.org/0000-0001-9032-1526>

¹ Departamento de Informática, Profesor Asistente, Vicedecano de Extensión y Residencia, Facultad de Tecnologías Educativas. Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba, Carretera a San Antonio de los Baños, km 2 ½, Torrens, Boyeros, La Habana, Cuba.

² Departamento de Informática, Profesor Titular, Decano, Facultad 3. Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba, Carretera a San Antonio de los Baños, km 2 ½, Torrens, Boyeros, La Habana, Cuba.

³ Facultad 3. Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba, Carretera a San Antonio de los Baños, km 2 ½, Torrens, Boyeros, La Habana, Cuba.

*Autor para correspondencia. (urrutia@uci.cu)

RESUMEN

La Mejora de Procesos de Software tiene como cometido a incrementar el rendimiento y utilidad de los procesos. Su esencia radica en la aplicación de Buenas Prácticas que contribuyan a la mejora continua de los procesos en el desarrollo de productos y servicios de software. Diversas investigaciones coinciden en la necesidad de reutilizar las experiencias previas de las organizaciones considerando los factores críticos que influyen en el éxito de la mejora de procesos. Sin embargo, se refleja mucha dispersión respecto al cómo ejecutar estas Buenas Prácticas para una mejora de procesos exitosa. Además, se considera esencial la

reutilización de experiencias para apoyar la toma de decisiones, es por ello que resulta pertinente la definición de recomendaciones que guíen la aplicación de las Buenas Prácticas, en base a los resultados obtenidos por otras organizaciones que han iniciado previamente un proceso de mejora. La presente investigación propone un sistema inteligente que aplica reglas de asociación y razonamiento basado en casos, para recomendar acciones que conduzcan la ejecución de las Buenas Prácticas en la organización. Los métodos científicos empleados para la validación de la solución, corroboraron que existe una alta aceptación y satisfacción de los clientes con la propuesta.

Palabras clave: Buenas Prácticas; Mejora de Procesos de Software; razonamiento basado en casos; recomendaciones; reglas de asociación.

ABSTRACT

Software Process Improvement aims to increase the performance and usefulness of processes. Its essence lies in the application of Good Practices that contribute to the continuous improvement of processes in the development of software products and services. Several research studies agree on the need to reuse the experiences of organizations considering the critical factors that influence the success of process improvement. However, there is much dispersion regarding how to execute these Good Practices for successful process improvement. In order to support decision-making, it is essential to reuse experiences. It is pertinent to define recommendations to guide the application of Good Practices, based on the results obtained by other organizations that have previously initiated an improvement process. This research proposes an intelligent system that applies association rules and case-based reasoning to recommend actions that lead to the implementation of Good Practices in the organization. The scientific methods used for the solution validation corroborated that there is high customer acceptance and satisfaction with the proposal.

Keywords: good practices; software process improvement; case-based reasoning; recommendations; association rules.

Introducción

La industria del software juega un papel esencial en el desarrollo de productos y servicios que soporten los procesos vitales de la sociedad (Pressman, 2016). Instituciones y países han enfocado sus esfuerzos en el desarrollo de esta industria para elevar la calidad de sus procesos, lograr un incremento en el retorno de sus ingresos y posicionarse en un mercado internacional que exige productos de calidad (Garcia, 2018; Garcia, Milanés, et al., 2018).

A pesar de los beneficios que aporta la industria del software, el Chaos Report muestra los resultados de un estudio donde se evidencia que la progresiva demanda de informatización de la sociedad no se corresponde con la ejecución exitosa de los proyectos de software (Standish-Group, 2021). En el año 2020 el 50% de los proyectos presentó problemas y desafíos que conllevaron a retrasos y el 19% resultó fallido. Diversas investigaciones asociadas a los problemas en el desarrollo de software (Pressman, 2016; Devadiga, 2017; Sommerville, 2020), coinciden en la necesidad de aplicar métodos efectivos de ingeniería de software, siguiéndose una perspectiva sistemática, disciplinada y cuantificable, centrada en el proceso y con un enfoque de calidad (IEEE, 1990).

Investigadores como Pressman (Pressman, 2016), Humphrey (Humphrey, 2007) y Sommerville (Sommerville, 2020) exponen la necesidad de un desarrollo dirigido por procesos para mejorar el desempeño de las organizaciones. Además, se refleja en la literatura, que no solo es importante la definición de los procesos desde un enfoque de calidad, sino que resulta esencial la mejora continua de los procesos para elevar su madurez y capacidad (Conradi and Fuggetta, 2002; Trujillo, Febles, et al., 2014a; Anees and Agrwal, 2017; Lee et al., 2017; Garcia, 2018; Lee et al., 2020).

Los proyectos de Mejora de Procesos de Software (MPS) se centran en mejorar el rendimiento, la utilidad y la efectividad de los procesos de una manera disciplinada; no obstante, esta ventaja no siempre se observa a corto o mediano plazo, la implantación de Buenas Prácticas (BP) es una labor cuyo resultado puede tardar años en obtenerse (Humphrey, 2007; Trujillo et al., 2014a; Garcia, 2018). Organizaciones, instituciones y comunidades científicas han apostado por la aplicación de modelos, métodos y estándares en función de la MPS, que especifican qué hacer para establecer una mejora en la organización, pero no el cómo ejecutarla (Trujillo, Febles, et al., 2014a; Anees and Agrwal, 2017; Garcia, Milanés, et al., 2018). Varios estudios

(Trujillo, Febles, et al., 2014a; Garcia, Arza, et al., 2016; Laporte and O’connor, 2017; Estdale and Georgiadou, 2018; Ayyagari and Atoum, 2019; Garcia et al., 2019; Suarez and Leon, 2019) señalan que estos modelos en general no consideran las características propias de las organizaciones que desean implementar una MPS; lo cual constituye un inconveniente cuando se infiere la necesidad de cambios culturales y organizativos para el éxito de la MPS, los cuales son complejos de abordar y demandan una gran inversión de recursos y tiempo.

El análisis en torno a las particularidades de las organizaciones, converge en la definición de factores críticos que influyen positiva o negativamente en la MPS en el éxito en la MPS. El uso de estos Factores Críticos de Éxito (FCE) en función de los contextos organizacionales, contribuye al éxito de la MPS (Trujillo, Febles, et al., 2014a; Garcia, Milanés, et al., 2018). Además, investigaciones de Garcia (Garcia, Milanés, et al., 2018; Garcia, Pérez, et al., 2018; Garcia et al., 2019) han identificado el uso de BP y recomendaciones para mejorar el estado de las organizaciones respecto a los FCE en la MPS. En Cuba se han introducido investigaciones que abordan el tratamiento de los FCE y las BP para la MPS (Trujillo, Febles, et al., 2014a, 2014b, 2014c; Garcia, Arza, et al., 2016; Garcia, Trujillo, et al., 2016a, 2016b; Garcia, 2018; Garcia, Milanés, et al., 2018; Garcia, Pérez, et al., 2018; Garcia, Rivero, et al., 2018; Socarras et al., 2018; Garcia et al., 2019). El país ya ha alcanzado madurez en la ejecución de la MPS, lo cual se evidencia en el logro de certificaciones internacionales tanto en roles como en procesos de producción, tal es el caso de la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) en el nivel 2 de madurez del Modelo de Capacidad de Madurez Integrada (CMMI por sus siglas en inglés).

A pesar de los avances obtenidos en el tratamiento de los FCE, BP y recomendaciones para mejorar el estado de las organizaciones frente a la MPS, persisten insuficiencias asociadas a la reutilización del conocimiento para identificar qué acciones pueden aplicar las organizaciones con un mayor nivel de efectividad en los resultados a obtener. En este sentido, se considera oportuno un análisis que guíe a las organizaciones sobre las acciones a implementar como BP en la MPS, sobre la base de experiencias previas almacenadas. Una alternativa efectiva es la aplicación de técnicas de inteligencia artificial que transformen la información de las experiencias de MPS, en conocimiento útil para la toma de decisiones y poder así dirigir los esfuerzos y obtener resultados favorables en la MPS.

Métodos o Metodología Computacional

Entre los métodos científicos utilizados destacan los siguientes:

1. Histórico-lógico y dialéctico para el análisis crítico de trabajos asociados al uso de BP y recomendaciones en la MPS.
2. Inducción-deducción para la identificación de la problemática, así como sus variantes de solución.
3. Encuesta para obtener el diagnóstico sobre el tratamiento de las BP y las recomendaciones en la MPS, así como para conocer el nivel de satisfacción de los clientes con la propuesta mediante la aplicación de la técnica Iadov.
4. Consulta a expertos para validar los aportes de la investigación.
5. Grupo focal para el análisis de campo de fuerzas en el desarrollo del diagnóstico.
6. Iadov para evaluar y corroborar por expertos y potenciales usuarios, la utilidad y pertinencia de la investigación.
7. Métodos estadísticos para el análisis de las encuestas aplicadas a expertos y potenciales usuarios.

Resultados y discusión

Diagnóstico para valorar el uso de las BP y recomendaciones

Para el desarrollo de la investigación se realizó un diagnóstico que caracteriza la situación actual del uso de la información de las BP y recomendaciones con vista a la toma de decisiones en la MPS, en organizaciones tanto de desarrollo de software como de evaluación de calidad del software. Para ello se consultaron directivos y miembros de organizaciones, a través de una encuesta que permite identificar el grado de uso de la información de las BP y recomendaciones. Se combinaron las técnicas de grupo focal y análisis de campo de fuerzas, para identificar las fuerzas impulsoras y restringentes que inciden sobre la puesta en práctica de recomendaciones para la ejecución de BP por una organización en la MPS. Además, se realizaron entrevistas a miembros de organizaciones cubanas que poseen experiencias en proyectos MPS. En la encuesta aplicada se valoraron los siguientes indicadores:

1. Si se usa la información de las BP y recomendaciones de la MPS.
2. Grado de importancia del uso de las BP y recomendaciones para guiar los esfuerzos en la MPS.
3. Grado de importancia del uso de las recomendaciones para guiar la implementación efectiva de las BP en la MPS.
4. Grado de importancia del uso de la influencia de las recomendaciones sobre las BP para establecer criterios de priorización de aplicabilidad.

Participó en la encuesta una representación de 22 organizaciones del entorno nacional, las cuales estuvieron representadas por: 11 centros de desarrollo y dos áreas subordinadas a la Vicerrectoría de producción de la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), dos departamentos de CALISOFT, una división de Desoft S.A, dos organizaciones del MICOM, dos centros de la XETID y dos organizaciones del MININT.

La respuesta de los encuestados sobre si se usa la información de las BP y recomendaciones de la MPS, reflejó que solo el 22,73% hacía uso de la información y la empleaba para mejorar su estado integral respecto a la MPS; sin embargo, la aplicación de las BP se realizaba a partir de criterios empíricos y sin certeza de un posible resultado satisfactorio. El criterio de los encuestados sobre el grado de importancia del uso de las BP y recomendaciones para guiar los esfuerzos en la MPS, fue evaluado como Muy alto en el 90,91% y como Alto en el 9,09%. Sobre la importancia del uso de las recomendaciones para guiar la implementación efectiva de las BP en la MPS, fue evaluado por el 95,45% como Muy Alto y por el 4,55% como Alto. El grado de importancia del uso de la influencia de las recomendaciones sobre las BP para establecer criterios de priorización de aplicabilidad, fue evaluado por el 90,91% como Muy Alta, por el 4,55% como Alta y por el resto como Medio. Lo anterior refleja:

1. Bajos índices de uso de BP y recomendaciones de la MPS, así como el reconocimiento de la importancia de su uso para guiar los esfuerzos en la MPS.
2. Reconocimiento de la importancia de emplear las recomendaciones para guiar la aplicación de las BP en la mejora del estado de las organizaciones para enfrentar la MPS.

3. Reconocimiento de la importancia de emplear la influencia de recomendaciones sobre las BP, para obtener propuestas de implementaciones efectivas y posibles de priorizar sobre la base de experiencias.

Para identificar las fuerzas impulsoras y restringentes se emplearon las técnicas de grupo focal, análisis de campo de fuerzas y entrevistas a profundidad. El grupo focal se desarrolló en dos sesiones. En la primera se presentó una propuesta inicial de diagrama de campo de fuerza, sobre la cual se inició el debate. Entre una sesión y otra, se realizaron entrevistas a los participantes para fundamentar las fuerzas. Participaron dos especialistas de CALISOFT, cuatro miembros de centros de desarrollo de la UCI involucrados en la MPS y uno de la XETID. Se definieron fuerzas impulsoras y restringentes (ver figura 1) evidenciándose que el cambio es viable.

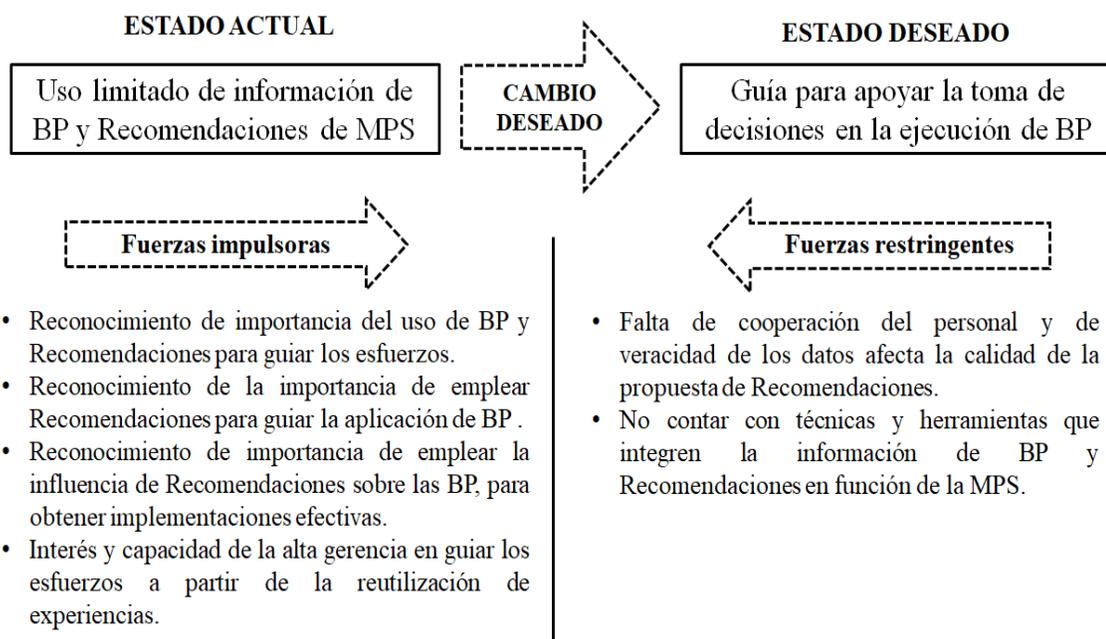


Fig. 1- Diagrama de campo de fuerzas.

Los participantes reconocen la importancia de la MPS, de considerar el uso de BP y recomendaciones. Se concluye que, a pesar de esta necesidad no constituye una práctica, debido fundamentalmente a la ausencia de técnicas y herramientas que integren la información de BP y recomendaciones en combinación, para apoyar la toma de decisiones. Teniendo en cuenta lo anterior, se considera necesario:

1. Extender el tratamiento de las BP y recomendaciones, realizando una propuesta de identificación de relaciones de asociación entre estos elementos esenciales para el éxito en la MPS, para conducir la propuesta de recomendaciones a aplicar.
2. Proponer recomendaciones más efectivas a una organización sobre la base del resultado de las reglas de asociación identificadas y la reutilización de experiencias de otras organizaciones similares a la que es objeto de análisis, mediante el uso de razonamiento basado en casos.

Reglas de asociación para la identificación de dependencias entre recomendaciones y BP

Para determinar las asociaciones entre recomendaciones y BP, se aplicaron las reglas de asociación (Ghafari and Tjortjis, 2019), por sus potencialidades para identificar relaciones en combinación. Las reglas de asociación se representan como: siendo X y Y conjuntos de elementos, $X \rightarrow Y$, donde “x” es una Recomendación y “y” una BP.

Ejemplo: $\{R1, R2\} \rightarrow \{BP1, BP2, BP3\}$.

A continuación, se explican los pasos para la identificación de reglas de asociación entre recomendaciones y BP. El resultado de la identificación de estas reglas de asociación, es utilizado posteriormente para la identificación de recomendaciones a proponer a la organización.

Paso 1. Transformación del conocimiento en transacciones: se realiza una búsqueda en la base de experiencias, de todas las BP aplicadas para mejorar el estado inicial de la organización, con evidencias de resultados satisfactorios, así como las recomendaciones sujetas a esta aplicación por parte de la organización para conducir el cambio. La información que se recupera es almacenada en forma de

transacciones en un listado temporal para su posterior procesamiento. Cada transacción se representa por un conjunto de elementos que responde a las recomendaciones y BP recuperadas en la búsqueda.

T es un conjunto de transacciones donde:

$$T = R \cup BP$$

$$T = (R; BP: r_1, r_2, \dots, r_m, bp_1, bp_2, \dots, bp_n)$$

Ejemplo: {R1, R2, BP1, BP2, BP3}.

Paso 2. Cálculo de índices de soporte: se calculan los índices de soporte para todos los conjuntos de elementos presentes en las transacciones. El índice de soporte se determina con la ecuación 1. Siendo la regla $X \rightarrow Y$, donde $X \subseteq R$ y $Y \subseteq BP$, el soporte de la regla se calcula según la ecuación 1.

$$Sop(X \rightarrow Y) = \frac{N_t(XY)}{T_t}$$

Soporte de la regla. Ecuación 1.

Donde:

$Sop(X \rightarrow Y)$ es el soporte de la regla $X \rightarrow Y$.

$N_t(XY)$ representa la cantidad de transacciones que contienen elementos de X y Y del total de transacciones de T.

T_t representa el total de transacciones de T.

Paso 3. Identificación de conjuntos de elementos frecuentes: un conjunto de elementos frecuentes es aquel con soporte igual o superior al umbral establecido. Para la investigación se definió como umbral del índice de soporte definido es 0,75 (sobre la base de experimentación). Se identifican todos los conjuntos de elementos frecuentes.

Paso 4. Generación de reglas candidatas: a partir de los elementos frecuentes, se generan las combinaciones de reglas candidatas aplicando el algoritmo A priori (Singh et al., 2013; Yabing, 2013; Lin, 2014; Pradhan et al., 2014) para reducir el número de candidatos.

Paso 5. Cálculo de índices de confianza: el índice de confianza se determina a partir de la ecuación 2. Siendo la regla $X \rightarrow Y$, donde $X \subseteq R$ y $Y \subseteq BP$, el índice de confianza se calcula:

$$Conf(X \rightarrow Y) = \frac{N_t(XY)}{N_t(X)}$$

Índice de confianza. Ecuación 2.

Donde:

$Conf(X \rightarrow Y)$ es la confianza de la regla $X \rightarrow Y$.

$N_t(XY)$ representa la cantidad de transacciones que contienen los elementos de X y Y del total de transacciones de T.

$N_t(X)$ representa la cantidad de transacciones que contienen elementos de X del total de transacciones de T.

Paso 6. Obtención de reglas de asociación: se obtienen a partir de las reglas candidatas identificadas en el paso anterior. Se desechan las reglas con índice de confianza menor que el umbral definido (0,75).

Paso 7. Aplicación de reglas de asociación: Una vez generadas las reglas, se brinda la información de qué recomendaciones pueden ser empleadas para la ejecución de qué BP.

De esta manera, la organización obtiene una guía para la aplicación de recomendaciones sobre cómo ejecutar las BP y de esta manera incidir positivamente en el comportamiento de los FCE en la MPS.

Razonamiento basado en casos para la propuesta de recomendaciones a la organización

Para la propuesta de recomendaciones efectivas a la organización, se aplica la técnica de razonamiento basado en casos para identificar los casos semejantes al estado inicial que presenta la organización. El objetivo es determinar, entre los casos similares, las recomendaciones más aplicadas y con mejores resultados en su aplicación, para proponerlas como solución en el tránsito hacia el escenario de mejora que desea alcanzar la organización.

A continuación, se explican los pasos para la propuesta de recomendaciones. Los pasos se ejecutan en cuatro fases del ciclo de razonamiento basado en casos (recuperación, reutilización, revisión y retención).

Fase de recuperación:

Paso 1. Comparar caso introducido con casos almacenados: el sistema realiza una comparación entre el nuevo caso introducido a pronosticar y los casos almacenados en la base de casos. Para ello se emplea una función de semejanza S que constituye el resultado de la suma de los valores de semejanza existentes para cada rasgo.

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n K_i \delta(O_i, O_t)}{\sum_{i=1}^n K_i}$$

Función de semejanza. Ecuación 3.

Donde:

S : es la función que determina la semejanza entre un nuevo caso (caso base O_i) y un caso almacenado O_t de la base de casos. Puede alcanzar valores entre 0 y 1, siendo 1 el valor óptimo que indica una semejanza total entre los casos O_0 y O_t .

n : es el número de rasgos predictores (medidas).

K_i : es el coeficiente de ponderación del FCE al cual corresponde la medida “ i ” y su valor oscila entre 0 y 1, siendo 1 el valor que implica un mayor impacto o relevancia. Se determina que un caso O_0 es semejante al caso O_t si el valor de la función $S \geq 0,75$.

$\delta(O_0, O_t)$: es la función de comparación entre los casos O_0 y O_t atendiendo al rasgo (medida) “ i ”. Se calcula mediante la ecuación 4.

$$\delta(O_i, O_t) = 1 - \frac{|x_i(O_0) - x_i(O_t)|}{\max_i - \min_i}$$

Función de comparación entre los casos. Ecuación 4.

Donde:

$\delta(O_0, O_t)$: es la función de comparación entre los casos O_0 y O_t atendiendo al rasgo (medida) “ i ”. Su valor oscila entre 0 y 1, donde mientras más aproximación exista hacia el valor 1, mayor será la semejanza entre los casos O_0 y O_t para el rasgo o medida “ i ”.

$x_i(O_0)$: es el valor que tiene el rasgo o medida “i” en el caso O_0 .

$x_i(O_t)$: es el valor que tiene el rasgo o medida “i” en el caso O_t .

max_i : es el valor máximo que puede alcanzar el rasgo o medida “i”.

min_i : es el valor mínimo que puede alcanzar el rasgo o medida “i”.

Paso 2. Recuperar casos semejantes: a partir de los resultados obtenidos en la actividad “Comparar caso introducido con casos almacenados”, se recuperan los casos cuyo valor de la función $S \geq 0,75$.

Fase de reutilización:

Paso 3. Obtener recomendaciones a partir de frecuencia de ocurrencia en casos semejantes: del conjunto de recomendaciones obtenidas de la aplicación de reglas de asociación para $X \rightarrow Y$ (donde “x” es una Recomendación y “y” una BP), se identifican las recomendaciones con mayor frecuencia de uso, calculada mediante la ecuación 5.

$$F_i = \frac{Nr_i}{Nr_t}$$

Frecuencia de ocurrencia en casos semejantes. Ecuación 5.

Donde:

“i”: se refiere a la recomendación o conjunto de recomendaciones a aplicar, dada(s) por el resultado de la aplicación de reglas de asociación entre BP y recomendaciones. Este análisis se realiza para evaluar la influencia de una o varias recomendaciones en combinación sobre las BP.

F_i : es la función que representa la frecuencia de ocurrencia de la(s) recomendación(es) “i” en los casos semejantes recuperados.

Nr_i : es el número de veces que se aplicó la(s) recomendación(es) “i” en el total de casos semejantes recuperados.

Nr_t : es el número total de recomendaciones aplicadas en el total de casos semejantes recuperados.

Paso 4. Proponer recomendaciones a la organización: se proponen las recomendaciones, estableciendo un orden descendente que responde a la frecuencia de ocurrencia de las mismas en los casos semejantes recuperados.

Paso 5. Seleccionar recomendaciones a aplicar: una vez propuestas las recomendaciones, la organización selecciona aquellas que considera pueden ser aplicadas, para luego de su aplicación, proceder a la evaluación de su uso.

Paso 6. Guardar recomendaciones deseadas: se guardan las recomendaciones seleccionadas en la actividad anterior para su posterior aplicación y evaluación.

Fase de revisión:

Paso 7. Aplicar recomendaciones: la organización aplica las recomendaciones seleccionadas y guardadas con el objetivo de mejorar su estado inicial.

Paso 8. Especificar resultado obtenido y recomendaciones aplicadas: luego de la puesta en práctica de las recomendaciones en la organización, se especifican las empleadas y el resultado obtenido.

Paso 9. Comparar resultado real Vs. propuesta: esta actividad se ejecuta cuando la organización especifica que aplicó las recomendaciones propuestas. A partir de las recomendaciones aplicadas por la organización, se establece una comparación entre el resultado obtenido y el resultado previsto, para evaluar si se alcanzó un estado cercano al escenario de mejora propuesto.

Fase de retención:

Paso 10. Guardar como caso real: se almacena el escenario alcanzado por la organización en la base de experiencias como un caso real a considerar en futuros análisis, así como el estado inicial desde el cual evolucionó y mediante la aplicación de cuáles recomendaciones.

Validación de la solución

El proceso de validación de la investigación se concibió mediante la consulta a expertos con la aplicación del método Delphi y la técnica de Iadov.

Valoración de contribución de la solución en el uso de BP y Recomendaciones

Se aplicaron los métodos Delphi y la encuesta para el criterio de los expertos. Participaron 33 expertos con 10 o más años de experiencia en la industria del software y al menos cinco años en proyectos MPS. Se evidenció que en todas las dimensiones evaluadas (relevancia, pertinencia, coherencia) destacaron las calificaciones de Muy Alta o Alta, para una concordancia superior al 90%, lo cual se considera satisfactorio. No existieron calificaciones donde se emitieran votos en las escalas de Baja o Ninguna.

Aplicabilidad de la solución en entornos reales y satisfacción de los clientes

Fueron encuestados cinco asesores de calidad y ocho directivos de organizaciones de desarrollo de software. Se aplicó la técnica Iadov para evaluar las variables: satisfacción del cliente, aplicabilidad y utilidad. Como resultado de aplicación de la técnica, se obtuvo un índice de satisfacción grupal de 0,92, lo cual se traduce en una clara satisfacción con la solución. En la dimensión de utilidad, hubo una concordancia de un 92,31% con la calificación “Excelente”. Respecto a la aplicabilidad en entornos reales, se obtuvo una concordancia de un 84,62% con la calificación “Excelente”. En cuanto a su contribución a la toma de decisiones para guiar los esfuerzos en la implantación de BP en las organizaciones, el 92,31% calificó la solución como “Excelente”. El resto de las calificaciones en todas las categorías fue de “Adecuado”.

Conclusiones

Como resultados de la investigación se tienen:

1. Las Buenas Prácticas y recomendaciones, brindan el marco adecuado para orientar la implementación de acciones hacia escenarios superiores en la Mejora de Procesos de Software. La información asociada a estos términos, resulta relevante para la toma de decisiones en la Mejora de Procesos de Software; sin embargo, no se realiza un análisis de su influencia en combinación para guiar los esfuerzos hacia el éxito en la mejora.

2. El uso de reglas de asociación, favorece el tratamiento en combinación de Buenas Prácticas y Recomendaciones para establecer relaciones de dependencias que permitan guiar los esfuerzos de mejora.
3. El uso de razonamiento basado en casos contribuye a la reutilización de experiencias positivas en casos similares, para la propuesta de recomendaciones efectivas que favorezcan la ejecución de Buenas Prácticas.
4. Los resultados de la validación de la solución, corroboran que su aplicación contribuye a apoyar la toma de decisiones en la Mejora de Procesos de Software, mediante el tratamiento en combinación de las Buenas Prácticas y Recomendaciones y el uso de técnicas inteligentes para la reutilización de experiencias. Ello se evidencia en una alta satisfacción de los clientes con la solución.

Referencias

- Anees, A., and Agrwal, A. (2017). Software process improvement models and their comparison. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, 8(5), 928-932.
- Ayyagari, R., and Atoum, I. (2019). CMMI-DEV Implementation Simplified. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 10(4), 445-459. doi:10.14569/issn.2156-5570
- Conradi, H., and Fuggetta, A. (2002). Improving software process improvement. *IEEE software*, 19(4), 92-99.
- Devadiga, N. M. (2017). *Software engineering education: Converging with the startup industry*. Paper presented at the 2017 IEEE 30th Conference on Software Engineering Education and Training (CSEE&T).
- Estdale, J., and Georgiadou, E. (2018). *Applying the ISO/IEC 25010 quality models to software product*. Paper presented at the European Conference on Software Process Improvement.
- Garcia Rodríguez, A. M. (2018). *Modelo de Recomendación de Escenarios al iniciar la Mejora de Procesos de Software*. (Tesis doctoral). Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana.
- Garcia Rodríguez, A. M., Arza Pérez, L., Trujillo Casañola, Y., and Febles Rodríguez, J. P. (2016). Estrategia de gestión del conocimiento para la recomendación de escenarios en la MPS. *Ciencias de la Información*, 47(2), 19-24.

Garcia Rodríguez, A. M., Milanés Zamora, Y., Trujillo Casañola, Y., Febles Rodríguez, J. P., and Sánchez González, I. J. (2018). Asociación entre Buenas Prácticas y Factores Críticos para el éxito en la MPS. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 12(2), 89-103.

Garcia Rodríguez, A. M., Perdomo Vergara, A., Milanés Zamora, Y., Trujillo Casañola, Y., Febles Rodríguez, J. P., and Darías González, H. (2019). *Scenario optimization in Software Process Improvement applying evolutionary techniques and association rules*. Paper presented at the 2019 IEEE Latin American Conference on Computational Intelligence (LA-CCI).

Garcia Rodríguez, A. M., Pérez Betancourt, Y. G., Febles Rodríguez, J. P., Trujillo Casañola, Y., and Perdomo Vergara, A. (2018). Kairós: Intelligent system for scenarios recommendation at the beginning of Software Process Improvement. *Informatica*, 42(4).

Garcia Rodríguez, A. M., Rivero Morales, R. G., Perdomo Vergara, A., Trujillo Casañola, Y., Febles Rodríguez, J. P., and Milanés Zamora, Y. (2018). *Evolutionary Artificial Neural Network for success forecast in Software Process Improvement*. Paper presented at the 2018 IEEE Latin American Conference on Computational Intelligence (LA-CCI).

Garcia Rodríguez, A. M., Trujillo Casañola, Y., and Arza Pérez, L. (2016). Pronóstico de éxito en la Mejora de Procesos de Software. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 10, 15-30.

Garcia Rodríguez, A. M., Trujillo Casañola, Y., and Perdomo Vergara, A. (2016). Optimización de estados en la mejora de procesos de software. *Enl@ce: Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*, 13(2), 9-27.

Ghafari, S. M., and Tjortjjs, C. (2019). A survey on association rules mining using heuristics. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 9(4), 1307.

Humphrey, W. S. (2007). Software process improvement - a personal view: how it started and where it is going. *Software Process: Improvement and Practice*, 12(3), 223-227.

IEEE. (1990). IEEE standard computer dictionary: Compilation of IEEE standard computer glossaries. In Library, I. X. D. (Ed.): IEEE Press.

Laporte, C., and O'connor, R. (2017). Software process improvement standards and guides for very small organization: An overview of eight implementations. *CrossTalk, The Journal of Defense Software Engineering*, 30(3), 23-27.

Lee, J.-C., Chen, C.-Y., and Shiue, Y.-C. (2017). The moderating effects of organisational culture on the relationship between absorptive capacity and software process improvement success. *Information Technology & People*, 30(1), 47-70.

- Lee, J.-C., Shiue, Y.-C., & Chen, C.-Y. (2020). An integrated model of the knowledge antecedents for exploring software process improvement success. *Journal of Enterprise Information Management*, 33(6), 1537-1556.
- Lin, X. (2014). *Mr-apriori: Association rules algorithm based on mapreduce*. Paper presented at the Conference on Software Engineering and Service Science (ICSESS), 2014 5th IEEE International.
- Pradhan, T., Mishra, S. R., and Jain, V. K. (2014, 5-6 Sept. 2014). *An effective way to achieve excellence in research based learning using association rules*. Paper presented at the 2014 International Conference on Data Mining and Intelligent Computing (ICDMIC).
- Pressman, R. S. (2016). *Software engineering: A professional approach*. In: McGraw-Hill Science, New York.
- Singh, J., Ram, H., and Sodhi, D. J. (2013). Improving efficiency of apriori algorithm using transaction reduction. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 3(1), 1-4.
- Socarras Ramírez, I., Trujillo Casañola, Y., and Vega Prieto, R. (2018). La mejora de procesos organizacionales para proyectos de desarrollo de software. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 12(3), 177-191.
- Sommerville, I. (2020). *Engineering Software Products*: Pearson.
- Standish-Group. (2021). *CHAOS 2020: Beyond Infinity*. In: The Standish Group.
- Suarez Urresti, D. R., and Leon Rodríguez, G. D. L. C. (2019). Las PyME de desarrollo de software. Modelos de mejora de sus procesos en Latinoamérica. *Revista ESPACIOS*, 40(28).
- Trujillo Casañola, Y., Febles Estrada, A., and León Rodríguez, G. (2014a). Modelo para valorar las organizaciones al iniciar la mejora de procesos de software. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 22(3), 412-420.
- Trujillo Casañola, Y., Febles Estrada, A., and León Rodríguez, G. (2014b). Modelo Si. MPS. CU para valorar las organizaciones al iniciar la mejora de proceso de software. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 8.
- Trujillo Casañola, Y., Febles Estrada, A., León Rodríguez, G., Betancourt Rodriguez, Y., Enamorado Pérez, O., and Sanchez Osorio, Y. (2014c). Diagnóstico al iniciar la mejora de proceso de software. *Ingeniería Industrial*, 35(2), 172-183.
- Yabing, J. (2013). Research of an improved apriori algorithm in data mining association rules. *International Journal of Computer and Communication Engineering*, 2(1), 25.

Conflicto de interés

El autor autoriza la distribución y uso de su artículo.

Contribuciones de los autores

1. Conceptualización: Yordanis Crespo Urrutia.
2. Curación de datos: Reisbel Socarras Peña y Lázaro Franklyn Zamora Fernández
3. Análisis formal: Ana Marys Garcia Rodríguez
4. Adquisición de fondos: -
5. Investigación: Yordanis Crespo Urrutia
6. Metodología: Ana Marys Garcia Rodríguez
7. Administración del proyecto: Yordanis Crespo Urrutia
8. Recursos: Ana Marys Garcia Rodríguez
9. Software: Reisbel Socarras Peña y Lázaro Franklyn Zamora Fernández
10. Supervisión: Ana Marys Garcia Rodríguez
11. Validación: Yordanis Crespo Urrutia
12. Visualización: Reisbel Socarras Peña y Lázaro Franklyn Zamora Fernández
13. Redacción – borrador original: Yordanis Crespo Urrutia
14. Redacción – revisión y edición: Yordanis Crespo Urrutia

Financiación

El trabajo no requirió financiación.