

УДК 004.055

МЕТОД УПРАВЛІННЯ ЗРУЧНІСТЮ ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНИХ ПРОДУКТІВ

І. В. Гученко, канд. техн. наук,

Національний авіаційний університет

guchenko.inna@yandex.ua

У роботі шляхом аналізу предметної галузі побудовано онтологію зручності використання, у межах якої визначено поняття зручності використання як характеристики якості програмного продукту, аспекти дослідження зручності використання, поняття та задачі управління нею. Проаналізовано методи та засоби забезпечення встановленого користувацькими вимогами рівня зручності використання та досліджено питання її досягнення й підтримки за допомогою відомого процесного підходу до управління якістю. У роботі наведено розв'язок задачі управління зручністю використання програмних продуктів за допомогою розробленого методу.

Ключові слова: зручність використання програмного продукту, онтологія зручності використання, оцінка зручності використання, забезпечення зручності використання, відгуки користувачів, метод управління зручністю використання.

In this paper the ontology of software usability is constructed by analyzing the subject area. Within the ontology the concept of usability as a software quality characteristic, aspects of usability research, concepts and tasks of usability management are defined. The methods and means of assurance of user-specified usability level are analyzed. An issue of usability achieving and maintaining using well-known process approach to quality management is examined. The paper presents the solution of the problem of software usability management according to the developed method.

Keywords: software product usability, ontology of usability, usability evaluation, usability assurance, customer feedback, method of software usability management.

Вступ

Зручність використання (*usability*) є важливою характеристикою будь-якого продукту, що застосовує людина. Це стосується і програмних продуктів (ПП).

Зручність використання ПП (надалі — ЗВ), з одного боку, визначає витрати ресурсів (наприклад, часу та зусиль) щодо точності та повноти досягнутих цілей, тобто впливає на продуктивність праці людини — і це вкрай важливо для користувача ПП, а з іншого боку, ЗВ є одним із визначних факторів при виборі ПП, тобто пов'язана з його конкурентоспроможністю — і це важливо для розробника ПП. Тому завдання забезпечення ЗВ актуальне для обох зацікавлених сторін.

Важливість ЗВ зумовлена ще й тим, що вона є характеристикою моделі якості ПП, і тому наведена в стандартах ISO/IEC 25010:2011 [1], ISO 9241-11 [2] та ISO/IEC 25060:2010.

Зручність використання ПП досліджували багато зарубіжних учених: N. Bevan, B. Boehm, A. Cooper, Sh. Laskowski, J. McCall, J. Nielsen, A. Holzinger, J. Scholtz.

Серед вітчизняних вчених ЗВ опосередковано через поняття якості ПП досліджують Ф. Андон, Г. Коваль, Б. Конорев, Т. Коротун, К. Лаврищева, В. Суслов, І. Туркін, О. Харченко.

Постановка проблеми

З огляду на важливість ЗВ її необхідно досягати та підтримувати, тому в процесі розроблення та супроводження ПП виконуються дії, які забезпечують створення зручного у використанні ПП.

Виконання цих дій потребує управління. Оскільки ЗВ є характеристикою якості ПП, то управління ЗВ відбувається в рамках управління якістю ПП. При цьому досягнення ЗВ ускладнюється такими чинниками: протиріччям уявлень розробників та користувачів про властивості зручного у використанні ПП; необхідністю оптимізації досягнення ЗВ у процесі розроблення ПП; відсутністю у технологіях створення ПП методів управління ЗВ.

Протиріччя уявлень розробників та користувачів про властивості зручного у використанні ПП спричинені їх суб'єктивністю. Попри конкретність задач, які мають розв'язуватись ПП, існує значна свобода в тому, у якому вигляді вхідні та вихідні дані будуть надані користувачеві. При цьому важливою є не лише естетика користувацького інтерфейсу, але й забезпечення легкості оперування та доступності ПП, здійснення контролю над ПП та досягнення цілей і задач користувачів з ефективністю, економічністю й задоволеністю.

Проте користувачі не завжди розуміють відмінність між тим, що вони хочуть, і тим, що буде дійсно зручно у використанні. Саме тому при управлінні ЗВ потрібно виконувати дії, які б забезпечували в процесі розроблення ПП прийняття рішень щодо зміни конкретних показників ЗВ, при цьому враховуючи оцінку ЗВ користувачами.

Необхідність оптимізації досягнення ЗВ пов'язана із запобіганням ризику перевищення вартості трудовитрат на покращення ЗВ над економічним ефектом від виконаних змін. У процесі створення та супроводу ПП можуть виникати декілька варіантів зміни показників ЗВ, реалізація кожного з яких достатньою мірою вплине на збільшення задоволеності користувачів зручністю використання ПП. Тому важливим є завдання визначення максимально можливих покращень із мінімальними трудовитратами, які враховуються у загальній вартості ПП.

Відсутність у керівництвах зі створення ПП методів забезпечення ЗВ, особливо для ітераційних моделей життєвого циклу, спричиняє труднощі в ефективній інтеграції процесів управління ЗВ та створення ПП. Як правило, це заважає на ранніх етапах створення ПП діагностувати проблеми ЗВ, а тому збільшує витрати на їх вирішення у майбутньому.

Наявні методи досягнення ЗВ стосуються окремих процесів управління ЗВ — планування та контролю. Тому особливої актуальності набуває розроблення методу управління ЗВ, який би дозволив забезпечувати ЗВ у процесі створення та супроводу ПП, враховуючи вищезгадані чинники.

Мета даної статті — розв'язання вищевказаної задачі.

Онтологія зручності використання програмних продуктів

Поняття зручності використання програмного продукту. У багатьох дослідженнях зроблено спроби надати визначення ЗВ, але найчастіше вони є неузгодженими [4]. Тому будемо використовувати визначення, наведене в стандартах ISO 9241-11 [2] та ISO/IEC 25010:2011 (оновлений ISO/IEC 9126-1:2001) [1]:

Зручність використання (usability) — ступінь, в якому ПП може бути використаний певними користувачами для досягнення визначених цілей з ефективністю, економічністю та задоволеністю у певному контексті використання.

У ISO/IEC 25010:2011 [1], що належить до серії стандартів SQuaRE (ISO/IEC 25000 — ISO/IEC 25099), ЗВ розглядається у двох моделях: безпосередньо — у моделі якості ПП (*product quality model*); опосередковано — у моделі якості у використанні (*quality in use model*).

ЗВ згідно з вищезгаданою моделлю якості ПП має шість підхарактеристик: розпізнавання сумісності (*appropriateness recognisability*); можливість навчання (*learnability*); операбельність (*operability*); захист від помилок користувача (*user error protection*); естетика користувацького інтерфейсу (*user interface aesthetics*); доступність (*accessibility*) [1].

Модель якості у використанні представлена п'ятьма характеристиками, а саме: ефективність (*effectiveness*), економічність (*efficiency*), задоволеність (*satisfaction*), свобода від ризику (*freedom from risk*) та межі контексту (*context coverage*). Якість у використанні пов'язана з результатами впливу ПП на користувачів. Такий вплив визначається якістю програмного продукту, апаратного забезпечення, особливостями самих користувачів, виконуваних ними завдань та соціального середовища. У вказаній моделі ЗВ не представлена прямо, але опосередковано через цілі виходить на характеристики ефективності, економічності та задоволеності, означення яких відповідають ISO 9241-11 [2].

Характеристики та підхарактеристики можуть бути кількісно виражені через зовнішні міри, значення яких показують, наскільки можливості ПП забезпечуються системою, що містить даний ПП. Зовнішні міри ЗВ пов'язані з використанням ПП на операційній системі та апаратному забезпеченні, тобто з динамічними властивостями ПП. Приклади таких мір наведені в ISO/IEC TR 9126-2 (буде замінено на ISO/IEC 25022).

Для кожної підхарактеристики ЗВ можливості ПП також визначаються множиною статичних внутрішніх властивостей, які можуть бути виміряні під час створення ПП. Приклади пов'язаних внутрішніх мір наведені в ISO/IEC TR 9126-3 (буде замінено на ISO/IEC 25023).

Оскільки ЗВ впливає на якість у використанні, то визначають міри для властивостей, пов'язаних із використанням продукту в певному контексті та впливом ПП на користувача в рамках системи, яка включає програмне та апаратне забезпечення, завдання користувача та соціальне середовище. Приклади таких мір наведено в ISO/IEC TR 9126-4 (буде замінено на ISO/IEC 25024).

Питання визначення характеристик/підхарактеристик/атрибутів ЗВ для конкретних програмних продуктів вивчається вже більше тридцяти років різними авторами. Спираючись на стандарти, вони намагаються розширити перелік та адаптувати їх до реальних проектів з метою вимірювання ЗВ.

Огляд атрибутів ЗВ, які зазначалися в різних моделях та визначеннях, наведено в праці [4].

ЗВ, окрім аспектів дослідження статичних та динамічних властивостей ПП та впливу на якість у використанні, також розглядається в аспекті процесів, які застосовуються для створення зручного у використанні ПП. Зокрема, процес людино-орієнтованої розробки (*human-centered design*, HCD), який забезпечує врахування вимог користувачів. Термінологічна база для визначення та оцінювання зручності використання відповідно до процесу людино-орієнтованої розробки також описана в ISO/IEC 25060.

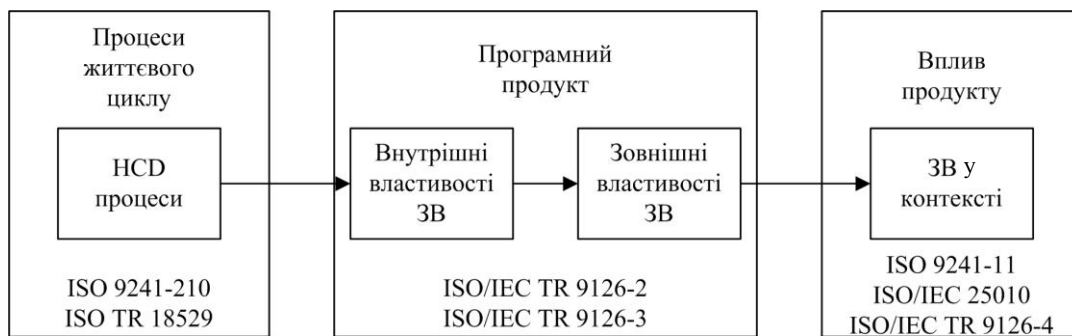
ISO 9241-210 містить ключові напрямки діяльності при людино-орієнтованій розробці, які мають обов'язковий характер.

У стандарті описуються: методи документування контексту використання продукту та користувацьких вимог з деталізацією, достатньою для прийняття рішень зі створення інтерфейсу; рекомендації з проведення аудиту ЗВ та виправлення можливих помилок. Підкреслюються такі принципи людино-орієнтованої розробки, як ітераційність оцінки ЗВ, управління і покращення процесу розробки шляхом оцінювання, орієнтованого на користувачів.

У ISO TR 18529 описуються дії, які необхідно виконувати протягом життєвого циклу ПП для того, щоб розробка була людино-орієнтованою. Ці дії входять у процеси, які містяться в моделі зрілості організації з погляду використання людино-орієнтованої розробки — UMM (*Usability Maturity Model*). Даються рекомендації для переходу організації на більш високі рівні зрілості.

Дотримання вищенаведених принципів та виконання відповідних дій, передбачених при людино-орієнтованій розробці, сприяє досягненню ЗВ та аналізу майбутньої поведінки ПП при використанні, а також підвищенню конкурентоспроможності програмних продуктів.

Залежності між аспектами ЗВ показано на рис. 1. Вимірювання та оцінка ЗВ відіграють важливу роль у процесі її досягнення. ЗВ зображується як сукупність пов'язаних підхарактеристик, які утворюють базис для специфікації вимог до ЗВ та її оцінки. Залежно від джерела вхідних даних про ЗВ методи оцінки поділяються на три групи (рис. 2): оцінка на основі відгуків користувачів, експертна оцінка та оцінка на основі моделей [5].



→ — впливає на

Рис. 1. Зручність використання у міжнародних стандартах

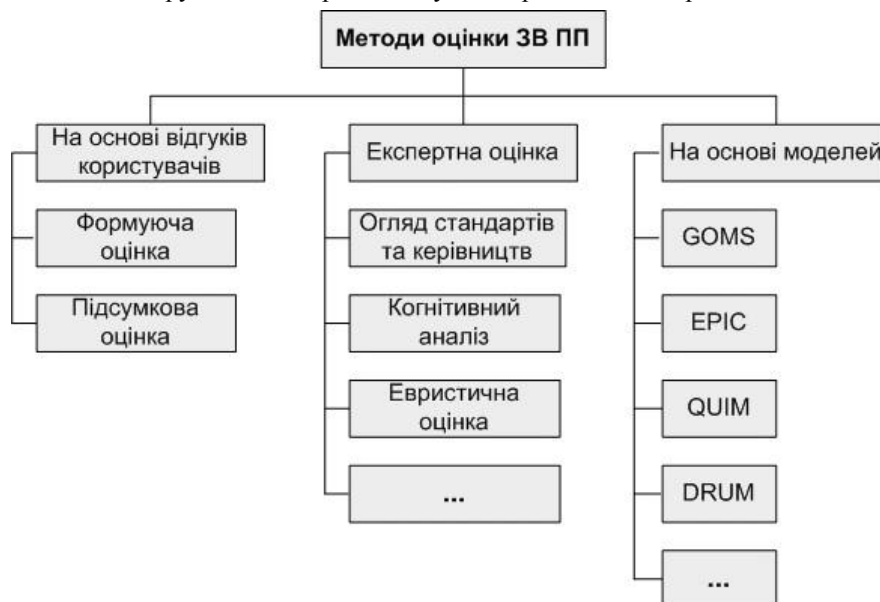


Рис. 2. Класифікація методів оцінки зручності використання залежно від джерела вхідних даних

Усі три методи пов'язані з діяльністю під час розробки та супроводу ПП та виконуються інженерами або фахівцями зі зручності використання.

У праці [6] наведено класифікацію основних методів оцінки ЗВ та визначено стан їх автоматизації. Найявні підходи до автоматизованої оцінки ЗВ ґрунтуються на методах, що забезпечують прискорення обрахунків, ширшу аудиторію для тестування ЗВ та створенні засобів, які мають вбудовані аналітичні можливості.

Методи оцінки ЗВ можуть бути спрямовані на автоматизацію однієї із задач:

- використання програмних пристроїв для запису відповідної інформації щодо користувача та ПП (наприклад, візуальних даних, мовної діяльності, дій із клавіатурою);
- автоматизоване визначення потенційних проблем ЗВ;
- виявлення недоліків та пропонування покращень шляхом автоматизованого аналізу.

Аналіз досліджень показав, що автоматизована оцінка ЗВ у процесі створення ПП використовується найменше та стосується переважно інтерфейсу користувача, естетика якого є лише однією з підхарактеристик ЗВ.

Зроблено висновок про недостатність методів оцінки ЗВ, які автоматизують розв'язання задачі виявлення недоліків та пропонування покращень шляхом автоматизованого аналізу. Розробка та використання таких методів є основою для управління ЗВ.

Управління зручністю використання програмних продуктів. У процесі створення та супроводу ПП виникає необхідність не лише в оцінюванні досягнутої ЗВ, але і в ефективних діях, які забезпечують створення зручного у використанні ПП, тобто — в управлінні ЗВ. У теорії управління вирізняють декілька підходів, серед яких найбільшого розповсюдження набув процесний підхід [7]. З погляду процесного підходу можна дати таке визначення управління ЗВ:

Управління ЗВ — процеси із застосування необхідних управляючих дій з метою створення програмного продукту, який відповідає очікуванням користувачів, із зручністю використання не нижче заданого рівня. Під рівнем ЗВ будемо розуміти ступінь відповідності ЗВ вимогам. Розрізнятимемо поточний і заданий (розробником) рівні ЗВ. Основними процесами управління є планування, забезпечення та контроль [7].

Модель процесів управління ЗВ представлено на рис. 3.

Планування ЗВ — процес, який включає вибір вимог і/або стандартів, застосовних до створюваного ПП, та розробку способів задоволення обраних вимог і/або стандартів.

Забезпечення ЗВ — процес приймання планових систематичних мір, які забезпечують виконання всіх передбачених процесів, необхідних для того, щоб ПП задовольняв вимоги до ЗВ. Як правило, разом із процесом забезпечення розглядають пов'язаний процес управління змінами.

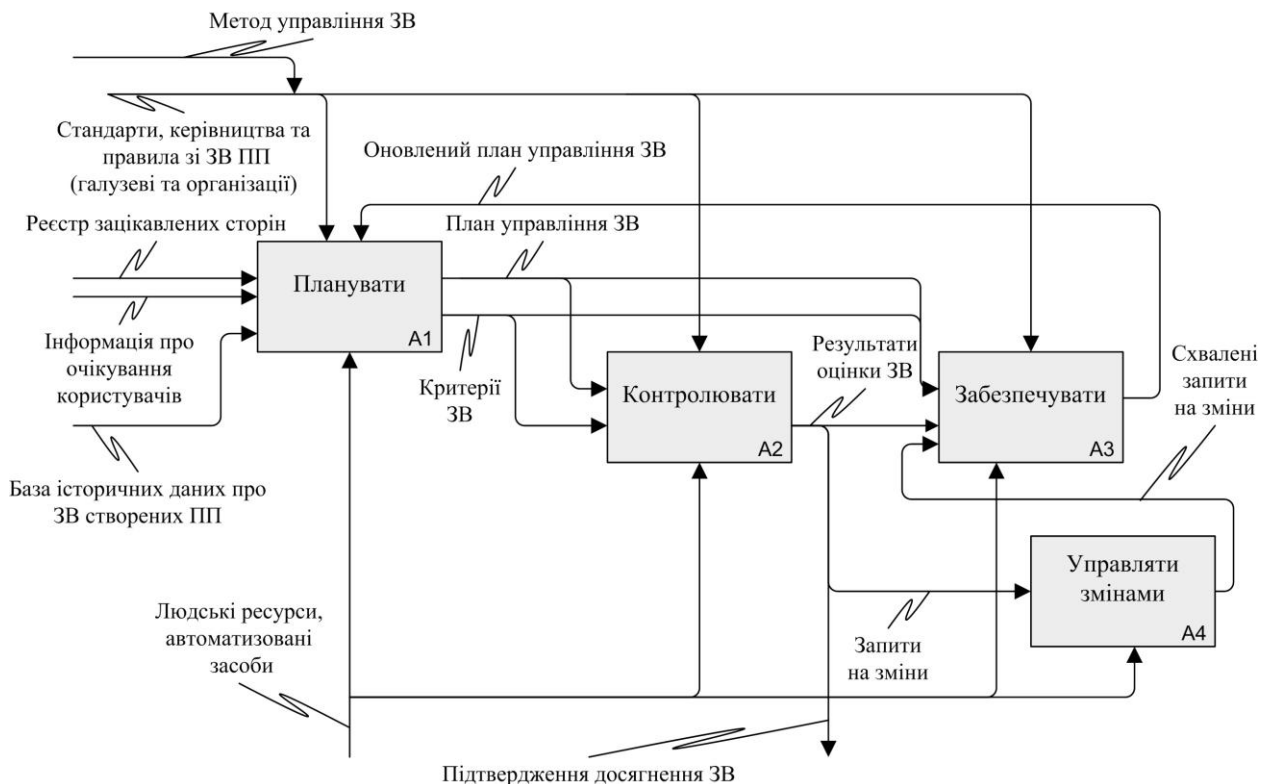


Рис. 3. Модель процесів управління зручністю використання

Контроль ЗВ — процес контролю та фіксації результатів виконання дій із забезпечення ЗВ з метою оцінки виконання та розробки рекомендацій відносно необхідних змін. Включає в себе оцінку поточного рівня ЗВ на відповідність встановленим вимогам та визначення шляхів усунення причин, які викликають незадовільні результати.

Дії з управління ЗВ мають місце в моделі зрілості можливостей організації з впровадження людино-орієнтованої розробки (*Usability Maturity Model*, UMM). Ця модель описана, як зазначалось раніше, в ISO TR 18529 і застосовується до семи процесів людино-орієнтованої розробки (*Human-centered design processes*, HCD-процеси), які необхідні для створення зручного у використанні ПП. У UMM описано шість рівнів зрілості організації-розробника, перебування на кожному з яких залежить від ступеня можливостей виконання HCD-процесів:

Рівень 0. Незавершений. Організація-розробник не підтримує людино-орієнтований процес розробки ПП.

Рівень 1. Виконуваний. Забезпечуються базові дії для досягнення ЗВ.

Рівень 2. Керований. HCD-процеси забезпечують прийнятні результати з врахуванням обмежень загальних ресурсів та часу.

Рівень 3. Встановлений. Процес людино-орієнтованої розробки та його ресурси чітко визначені організацією-розробником.

Рівень 4. Передбачуваний. HCD-процеси виконуються постійно в рамках визначених вимог до їх якості та ресурсів.

Рівень 5. Оптимізований. Процес людино-орієнтованої розробки може бути надійно адаптований до окремих вимог.

На виконуваному рівні UMM представлені всі HCD-процеси в початковому вигляді. Перехід організації на кожен наступний рівень зрілості з розробки зручного у використанні ПП відбувається через вдосконалення управлінських дій.

Згідно з цими діями, передбаченими у UMM для п'ятого рівня зрілості, необхідно: визначати можливості покращень HCD-процесів; розробляти стратегію впровадження змін; підтверджувати ефективність виконаних змін.

Досягнення організацією оптимізованого рівня зрілості можливе лише за наявності процесного підходу до управління ЗВ (рис. 3), який має забезпечуватись відповідним методом і засобом. На цьому рівні необхідно не лише оцінювати ЗВ на відповідність встановленим вимогам, але й визначати причини, які викликають незадовільні результати досягнення ЗВ, та шляхи їх усунення, виконувати відповідні зміни. Підтвердження ефективності змін, враховуючи рекомендації ISO

9241-210, вимагає забезпечення ітераційності оцінки ЗВ ПП і покращення процесу розробки шляхом оцінки, орієнтованої на користувачів. Тому для досягнення та підтримки ЗВ актуальним є розроблення методу управління ЗВ, який ґрунтується на ітераційній оцінці ЗВ на основі відгуків користувачів.

Управління ЗВ певною мірою обмежено ресурсами організації або вимагає оптимального їх використання для досягнення позитивного економічного ефекту. Тому доцільно, щоб у методі також враховувалася оптимізація досягнення ЗВ.

Важливість методу та засобу управління ЗВ показано в поданій на рис. 4 онтології, побудованій на основі понять, терміни яких складають словник досліджуваної предметної галузі, та зв'язків між ними. Використано схематичну мову IDEF5. Відношення «part-of» застосовується в композиційній частині схеми та відображає склад об'єкта; «subkind-of» — в класифікаційній частині схеми та вказує на різновид об'єкта.

Метод управління зручністю використання програмних продуктів

У рамках даної роботи пропонується метод управління зручністю використання програмних продуктів [8], який ґрунтується на ітераційній оцінці поточного рівня ЗВ у процесі створення ПП та формуванні оптимального варіанта досягнення встановленого рівня ЗВ, що задається розробником на початку. Ітераційне оцінювання ЗВ при застосуванні методу в ітераційних методологіях розробки слід розуміти як таке, що проводиться на кожній ітерації, тобто завершеному циклі розробки, який приводить до випуску продукту або його версії. Для неітераційних методологій розробки ітераційність оцінки ЗВ означає її повторюваність у процесі управління.

Вирішення завдання управління ЗВ згідно з процесним підходом містить такі етапи:

Побудова експертами ієрархічної структури ЗВ. Включає розроблення метрик структурним методом зверху-вниз (top-down) [9] і містить такі рівні:

- верхній рівень ієрархії — атрибути ЗВ. Вибір атрибутів виконується на основі сформованих вимог до ЗВ з використанням галузевих стандартів, власної бази історичних даних про ЗВ створених ПП та інформації про очікування користувачів.

Встановлюються пріоритети та зв'язки атрибутів з вимогами, а також допустимі коридори для числових значень атрибутів (за допомогою менеджерів та/або замовника);

- середній рівень ієрархії — показники ЗВ. Виконується декомпозиція атрибутів ЗВ у обчислювані показники;

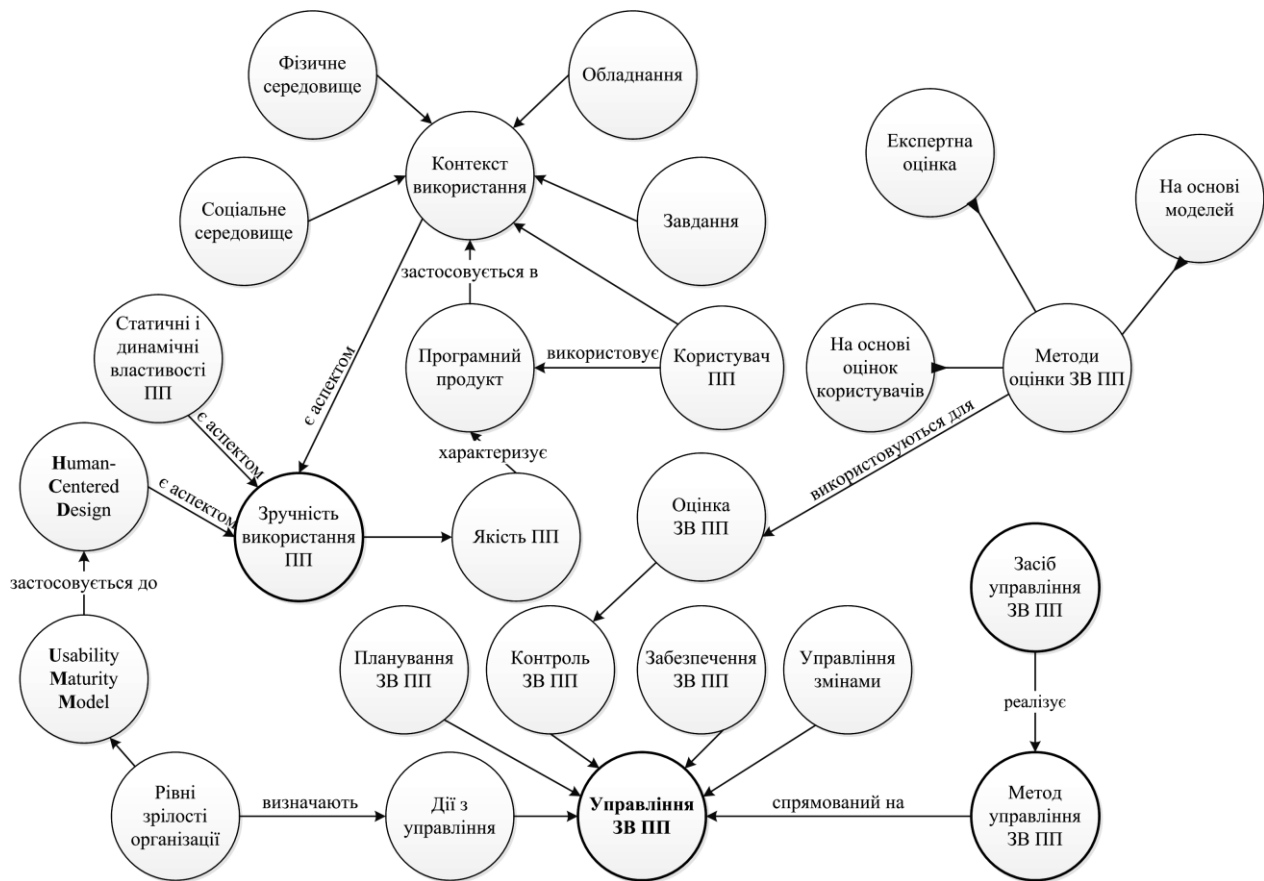
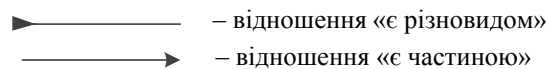


Рис. 4. Схема онтології зручності використання програмних продуктів (IDEF5):



- нижній рівень ієрархії — метрики ЗВ. Показники ЗВ декомпонуються в метрики, які визначають міри, що можуть бути безпосередньо оцінені в числовій формі користувачами при використанні ПП. На основі метрик обчислюються поточні значення показників та атрибутів верхніх рівнів ієрархії.

2. Обчислення значень показників ЗВ на підставі метрик, значення яких отримані на основі оцінок користувачів.

3. Побудова математичної моделі оцінки ЗВ, що дозволяє, відповідно до ієрархічної моделі, зводити окремі значення критеріїв ЗВ, отримані на основі оцінок користувачів та ранжувань експертів, в єдину числову оцінку.

Якщо виявлений рівень ЗВ рівний або більше заданого, то формується звіт, у протилежному випадку необхідно перейти до п. 4.

4. Побудова математичної моделі забезпечення ЗВ. Математична модель оцінки ЗВ доповнюється функцією трудомісткості зміни показників ЗВ, тим самим отримується модель забезпечення встановленого рівня ЗВ оптимальним чином.

5. Формування оптимального варіанта забезпечення встановленого рівня ЗВ.

Результатом буде набір показників, що потребують покращення (з урахуванням величини зміни кожного показника). Для визначення впливу змінюваних показників на ЗВ пропонується встановити наявність та форму зв'язку між парами розглянутих показників.

6. Впровадження отриманого варіанта змін показників та контроль досягнення встановленого рівня ЗВ на наступній ітерації, за необхідності — коригування моделей. На рис. 5 показано відповідність розробленого методу та моделі процесів управління ЗВ (див. рис. 3).

Принциповою особливістю даного методу є те, що в ньому передбачається не лише оцінка, але й управління ЗВ у процесі створення ПП. Останнє досягається за рахунок автоматизованої побудови варіанта забезпечення заданого рівня ЗВ на наступній ітерації оптимальним чином на основі математичних моделей оцінки та забезпечення ЗВ, орієнтованих на використання відгуків користувачів. Під *варіантом забезпечення ЗВ* мається на увазі одна з можливих реалізацій зміни показників ЗВ, при якій отримуємо заданий розробником рівень ЗВ.

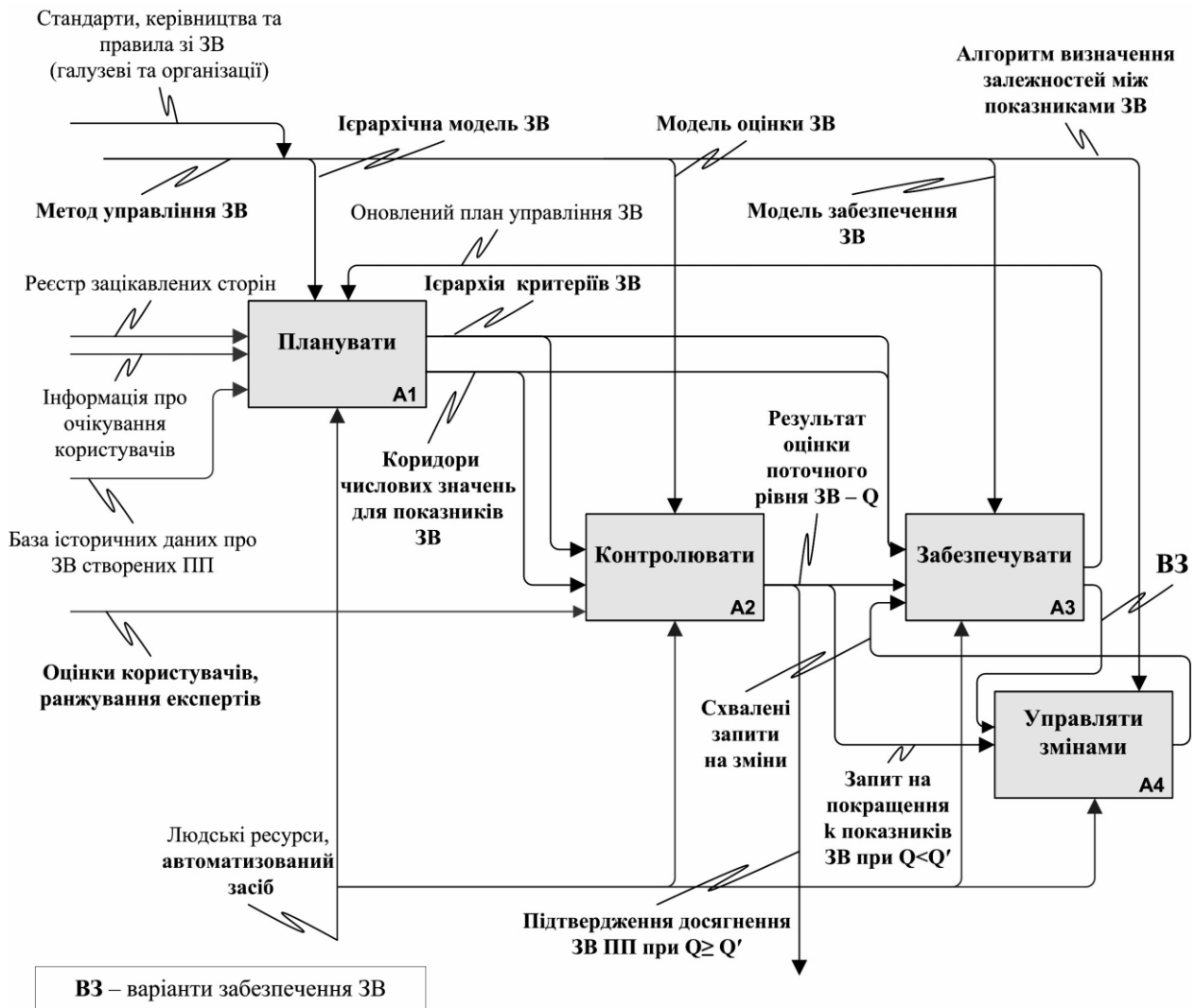


Рис. 5. Метод управління ЗВ у контексті процесного підходу

Важливим є питання щодо етапів життєвого циклу (ЖЦ) ПП, на яких мають впроваджуватися рекомендації з покращення показників ЗВ, а також характеру впливу таких рекомендацій на робочі продукти. Властивості ЗВ пов'язані з архітектурою ПП і можуть бути розглянуті, при застосуванні розробленого методу, в рамках концепції патернів ЗВ (*usability patterns*) [10].

Патерн ЗВ — це метод або механізм, який застосовується для розроблення архітектури ПП з метою забезпечення визначених властивостей ЗВ [10]. Патерн може бути пов'язаний з декількома показниками ЗВ і, навпаки, показник може бути покращений за рахунок декількох патернів.

Ефективність використання тих чи інших патернів ЗВ та їх перелік залежить від особливостей створюваного ПП та має визначатись фахівцями в конкретних умовах створення ПП.

З вищенаведеного слідує, що у разі необхідності покращення ЗВ, зміни необхідно розпочинати з етапу проектування, на якому основним результатом є опис базової архітектури ПП.

Уточнення архітектури та її компонентів, окрім впливу на робочі продукти наступних етапів ЖЦ ПП, можуть привести до необхідності перевизначення вимог, тобто внесення змін на початковому етапі — формування та аналізу вимог. У такому випадку вартість виконуваних робіт з досягнення заданого рівня ЗВ буде найбільшою.

Висновки

Існуючі методи досягнення ЗВ в основному містять кроки щодо вимірювання та оцінювання ЗВ, а дії з виявлення недоліків та пропонування покращень шляхом автоматизованого аналізу ЗВ у процесі створення ПП не запропоновано. Такі дії лежать в основі управління ЗВ.

Розроблено метод управління зручністю використання програмних продуктів, принциповою особливістю якого є те, що в ньому передбачається не лише оцінка, але й управління ЗВ у процесі створення та супроводу ПП. Останнє досягається за рахунок автоматизованої побудови

варіанта забезпечення заданого рівня ЗВ на наступній ітерації оптимальним чином на основі математичних моделей оцінювання та забезпечення ЗВ, орієнтованих на використання відгуків користувачів.

Впровадження в процес створення ПП запропонованого методу сприяє підвищенню ефективності управління проектами за критеріями зручності використання, а також конкурентоспроможності ПП.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE), System and software quality models: ISO/IEC 25010:2011.* — Geneva, 2011. — 34 p.
2. *Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals (VDTs), Part 11: Guidance on Usability: ISO 9241-11.* — Geneva : International Organization for Standardization, 1998. — 22 p.
3. *Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE), Common Industry Format (CIF) for usability: General framework for usability-related information: ISO/IEC 25060:2010.* — Geneva : International Organization for Standardization /International Electrotechnical Commission, 2010. — 22 p.
4. *Dubey S. K. Analytical Roadmap to Usability Definitions and Decompositions / Sanjay Kumar Dubey, Ajay Rana // International Journal of Engineering Science and Technology.* — 2010. — № 2(9). — P. 4723-4729.
5. *Scholtz J. Usability evaluation / J. Scholtz // Encyclopedia of Human-Computer Interaction.* — Great Barrington, MA: Berkshire Publishing Group, 2004.
6. *Ivory M. Y. The State of the Art in Automating Usability Evaluation of User Interfaces / M. Y. Ivory, M. A. Hearst // ACM Computing Surveys.* — 2001. — Vol. 33(4). — P. 470-516.
7. *Руководство к своду знаний по управлению проектами (руководство PMBOK); пер. с англ. — [4-е изд.] — Pennsylvania: Project Management Institute, 2010. — 463 с.*
8. *Сидоров М. О. Оцінка зручності застосування програмного забезпечення в контексті Agile-розробки / М. О. Сидоров, І. В. Гученко // Наукоємні технології.* — 2009. — № 4(4). — С. 64-68.
9. *IEEE Standard for a Software Quality Metrics Methodology: IEEE Std. 1061-1998.* — N.Y.: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1998.
10. *Folmer E. Experiences with Software Architecture Analysis of Usability / E. Folmer, J. Bosch // International Journal of Information Technology and Web Engineering.* — 2008. — Vol. 3(4). — P. 1-29.

Стаття надійшла до редакції 26.11.2012.