



ПРОГРАМНО-АЛГОРИТМІЧНИЙ КОМПЛЕКС ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО СУПРОВОДУ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ В УМОВАХ "РОЗУМНОГО" МІСТА

З'ясовано, що процес підготовки кваліфікованих фахівців відповідно до потреб особистості та вимог ринку праці "розумного" міста є складним, багатокроковим, ітеративним процесом, що потребує врахування великої кількості параметрів та передумов. Запропоновано його подавати у вигляді п'яти послідовних функціональних етапів: визначення професійних нахилів та здібностей; моніторинг міського ринку праці; вибір майбутньої професії; вибір навчального закладу; формування індивідуальної навчальної траєкторії. Подано опис розробленої архітектури та процесів функціонування основних програмних модулів програмно-алгоритмічного комплексу інформаційно-технологічного супроводу підготовки фахівців; подано діаграми діяльності багатовимірного аналізу діяльності навчальних закладів та процесу визначення багатокомпонентного знанневого потенціалу для формування індивідуальних навчальних траєкторій агентів; наведено діаграму основних станів програмно-алгоритмічного комплексу в процесі його експлуатації користувачами та розкрито особливості програмної реалізації; описано порядок функціонування, вимоги до комп'ютерних засобів та технічні характеристики програмного продукту.

Ключові слова: гіперкуб; знанневий потенціал; дифузійноподібна модель; профорієнтаційний тест; веб-застосунок.

Вступ. Однією з характерних візій на концепт "місто" останніх років є дедалі частіше використання поняття "розумне" місто як сучасної моделі міської трансформації, в якій інформаційні технології дають змогу вирішити найскладніші проблеми, якісно змінити систему управління і створити умови для розвитку кожної людини та громади загалом. Концепція "розумного" міста передбачає модернізацію інфраструктури міста з принципово новими можливостями централізованого управління, новим рівнем сервісів, що надаються та безпеки (Kurprianovsky et al., 2016). "Smart" city – це розумне управління, розумне проживання, розумні люди, розумне середовище, розумна економіка, розумна мобільність (Boulton, Brunn & Devriendt, 2011).

Економічна та конкурентоспроможна диференціація міст є наслідком інтелектуального та фахового рівня людського потенціалу міського населення, його професійних навичок, які реалізуються у сучасних умовах за допомогою передових інформаційних технологій, аналітики та системного підходу (Keeling & Mooney, 201; Zhuhadar, 2017). На думку дослідників, місто може бути визначене як "розумне" за умови, що інвестиції будуть спрямовані на підготовку високоосвіченої робочої сили, що слугує основним рушієм інноваційного розвитку міста (Washburn et al., 2010; Kaplan et al., 2014; Carey, 2015; Stansbury, 2017). Як результат, сформувалась нова

трансформаційна парадигма, яку фахівці компанії IBM називають "освітнім континуумом" (англ. "educational continuum"), який охоплює: технології для навчання упродовж життя (потребують критичної думки, інформаційної грамотності тощо), аналітику даних для аналізу студентських та інституційних даних і показників ефективності (що слугує основою для покращення розподілу ресурсів, створення навчальних програм тощо), персоналізовані навчальні траєкторії (відбір індивідуальних можливостей навчання), використання набутих компетенцій для розвитку економіки та зростання потенціалу міста загалом (Davies, 2015; Marsh et al., 2016; Scuotto et al., 2016). У таких умовах стає очевидною потреба у розробленні програмно-алгоритмічного комплексу, що реалізував би основні базові принципи інформаційно-технологічного супроводу процесів підготовки кваліфікованих фахівців відповідно до потреб особистості та вимог ринку праці "розумного" міста. У цій роботі основну увагу приділено дослідженню саме цього питання.

Послідовність етапів підготовки фахівців відповідно до потреб особистості та вимог ринку праці "розумного" міста. Процес підготовки кваліфікованих фахівців відповідно до потреб особистості та вимог ринку праці "розумного" міста є складним, багатокроковим, ітеративним процесом, що потребує врахування

Інформація про авторів:

Пасічник Володимир Володимирович, д-р техн. наук, професор кафедри інформаційних систем та мереж. Email: vpasichnyk@gmail.com

Назарук Марія Володимирівна, аспірант кафедри інформаційних систем та мереж. Email: marinazaruk@gmail.com

Цитування за ДСТУ: Пасічник В. В., Назарук М. В. Програмно-алгоритмічний комплекс інформаційно-технологічного супроводу підготовки фахівців в умовах "Розумного" міста. Науковий вісник НЛТУ України. 2017. Вип. 27(9). С. 78–85.

Citation APA: Pasichnyk, V. V., & Nazaruk, M. V. (2017). Architecture of the Program-Algorithmic Complex of Informational and Technological Support for Training Specialists in Conditions of Smart City. *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(9), 78–85. <https://doi.org/10.15421/40270917>

великої кількості параметрів та передумов.

Укрупнено його можна подати у вигляді п'яти послідовних функціональних етапів (рис. 1).



Рис. 1. Етапи підготовки фахівців

Етап 1. Визначення професійних нахилів та здібностей, здійснюється на основі аналізу нагромаджених результатів профорієнтаційного тесту Голланда (Holland, 1973)

Етап 2. Моніторинг ринку праці для визначення тенденцій змін факторів впливу на попит і пропозицію робочої сили в місті. Здійснюється на основі звітних інформаційно-аналітичних та статистичних матеріалів, що формують міські центри зайнятості.

Етап 3. Вибір майбутньої професії, що здійснюється на основі результатів профорієнтаційного тестування з урахуванням потреб міста в кваліфікованих працівниках того чи іншого профілю.

Етап 4. Вибір навчального закладу. З огляду на рекомендації щодо обрання професії здійснюється підбір

навчальних закладів, що функціонують у місті на основі доступної повної та несуперечливої інформації про них, а саме: відомча приналежність, форма власності, відомості про факультети (відділення), фаховий рівень викладачів кафедр і лабораторій, спеціальності, за якими ведеться навчання, наявні навчальні площі, ліцензовані обсяги підготовки фахівців тощо.

Етап 5. Формування індивідуальної навчальної траєкторії (ІНТ) – персональної програми, формування студентом професійних компетентностей, що відповідають його здібностям, інтересам, мотивації, психодинамічним характеристикам віку та рівню знаннєвого потенціалу.

На основі наведеної вище послідовності етапів підготовки фахівців сформовано "Діаграму варіантів використання" (рис. 2) програмно-алгоритмічного комплексу інформаційно-технологічного супроводу процесів підготовки фахівців із зовнішніми сутностями (користувач, адміністратор) та вимоги до базових функцій розробленого програмно-алгоритмічного комплексу. Актор *Користувач* використовує систему для моніторингу ринку праці міста, перегляду відомостей про навчальні заклади, що функціонують у місті, а також для визначення професійних здібностей та отримання рекомендацій щодо вибору професії і відповідно перегляду згенерованої системою індивідуальної траєкторії навчання. Актор *Адміністратор* контролює технологічний аспект функціонування програмно-алгоритмічного комплексу, відстежує і ліквідує можливі помилки, збої у роботі системи.

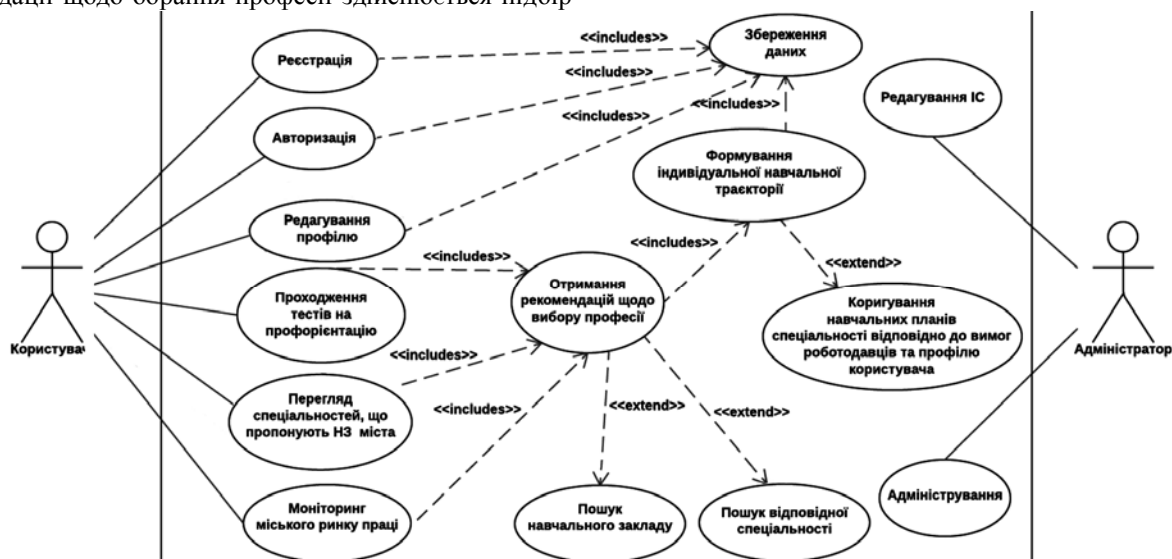


Рис. 2. "Діаграма варіантів використання" програмно-алгоритмічного комплексу інформаційно-технологічного супроводу процесів підготовки фахівців відповідно до потреб особистості та вимог ринку праці міста

Архітектура програмно-алгоритмічного комплексу та принципи його функціонування. Архітектуру програмно-алгоритмічного комплексу інформаційно-технологічного супроводу процесів підготовки фахівців відповідно до потреб особистості та вимог ринку праці "розумного" міста подано на рис. 3, яка охоплює рівні відображення, застосувань та керування даними, що містять наступні компоненти: інтерфейс користувачів, модуль відображення індивідуальної навчальної траєкторії, модуль профорієнтаційних особливостей, модулі формування замовлення на навчання, відображення діяльності навчальних закладів, модуль оцінювання результатів, засоби управління програмним ком-

плексом, підсистеми адміністрування, багатовимірною аналізу діяльності міських навчальних закладів, формування індивідуальних навчальних траєкторій і професійних особливостей.

Підсистема адміністрування містить складники: модуль розмежування прав доступу, модуль підтримки профілів користувачів, модуль ідентифікації та аутентифікації та модуль підтримки тестів.

Модуль розмежування прав доступу надає користувачеві, відповідно до прав доступ, можливість роботи у доступних йому режимах (пройти тестування, перегляд вакансій, перегляд навчальних закладів міста та ін.).

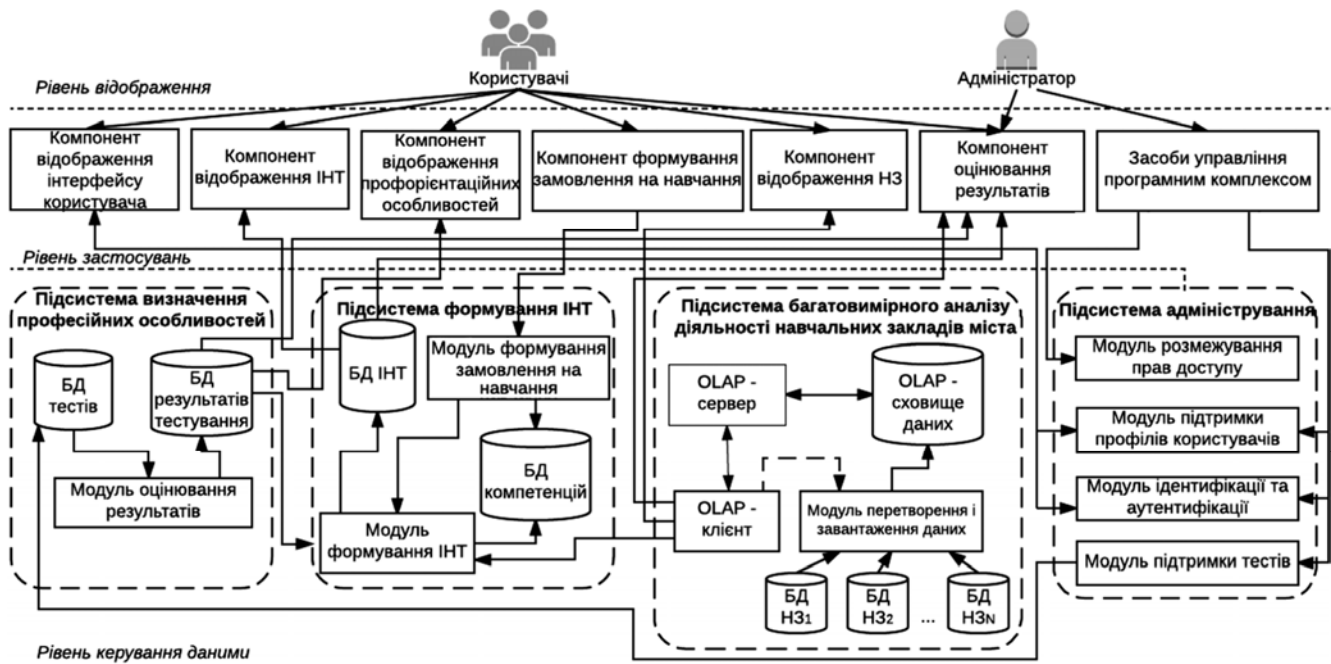


Рис. 3. Архітектура програмно-алгоритмічного комплексу інформаційно-технологічного супроводу процесів підготовки фахівців

Модуль підтримки профілів користувачів дає змогу створювати, редагувати і видаляти профілі користувачів.

Модуль ідентифікації та аутентифікації забезпечує можливість введення користувачем логіну і пароллю та встановлення відповідності користувача пред'явленому ним ідентифікатору.

Модуль підтримки тестів дає змогу додавати, редагувати і видаляти тести, зорієнтовані на визначення профорієнтаційної спрямованості – тести Голанда та Йовайши, а також тести на визначення знаннєвого потенціалу особи.

Підсистема багатовимірного аналізу даних щодо результатів діяльності навчальних закладів міста складається з: OLAP-сховища даних, модуля перетворення і завантаження даних, OLAP-сервера та OLAP-клієнта.

OLAP-сховище містить вихідні дані для аналізу діяльності навчальних закладів. Структура даних є багатовимірною і адаптованою для проведення процедур OLAP-аналізу. Основна функція модуля перетворення і завантаження даних – формування та супровід актуальних даних у сховищі.

OLAP-сервер виконує операції щодо опрацювання запитів до багатовимірних даних, а також забезпечення підрахунку і зберігання агрегатних (сумарні, середні та ін.) значень.

OLAP-клієнт відображає отримані з OLAP-сервера дані у зручному для користувача вигляді.

Під час розроблення сховища даних програмно-алгоритмічного комплексу створювались багатовимірні куби даних різного ступеня складності (Nazaruk & Rasichnyuk, 2014). На рис. 4 подано діаграму діяльності процесу багатовимірного аналізу функціонування навчального закладу. Гіперкуб даних аналізується не за всіма вимірами одночасно. Зазвичай вибірка даних із гіперкуба здійснюється для конкретних значень певного набору вимірів, і вільними залишаються, зазвичай, один чи два виміри, за якими проводиться подальший аналіз.

Спроектована логічна схема багатовимірного сховища даних (рис. 5) налічує 104 сутностей та 785 атрибутів, що дає змогу відображати як деталізовану, так і агреговану інформацію про користувачів, діяльність середніх,

професійно-технічних, вищих навчальних закладів, а також закладів післядипломної освіти, які функціонують у тому чи іншому місті або територіальній громаді.



Рис. 4. Діаграма діяльності процесу багатовимірного аналізу функціонування НЗ

Підсистема визначення професійних особливостей дає змогу користувачеві визначити свої професійні нахили, здібності та вибрати галузь професійної діяльності, охоплює базу даних тестів, модуль оцінювання результатів та базу даних результатів тестування.

БД тестів призначена для зберігання профорієнтаційних тестів Голанда та Йовайши.

Модуль оцінювання результатів здійснює опрацювання результатів тестування та записує їх в базу даних результатів тестування.

(наприклад, здобуття високого знаннєвого потенціалу з математики може вплинути на зниження знаннєвого потенціалу з мови для цього об'єкта, або навпаки, позитивні взаємовпливи), набуває такого вигляду:

$$\begin{cases} \phi_{1,k,m+1} = \phi_{1,k,m} + \sum_{i=1}^{k_j} \alpha_{1,k,i}(\phi_{1,k,m} - \phi_{1,k,i}) + f_{1,m} + g_{1,m}(\phi_{1,k,m}, \phi_{2,k,m}) \\ \phi_{2,k,m+1} = \phi_{2,k,m} + \sum_{i=1}^{k_j} \alpha_{2,k,i}(\phi_{2,k,m} - \phi_{2,k,i}) + f_{2,m} + g_{2,m}(\phi_{1,k,m}, \phi_{2,k,m}) \end{cases}, (1)$$

де: $f_{1,m}$, $f_{2,m}$ – інтенсивності джерел передачі знань, $g_{1,m}(\phi_{1,k,m}, \phi_{2,k,m})$, – функції, що характеризують взаємозалежності (взаємовпливи) вивчення в цьому випадку математики та мови. Аналогічно, у випадку, коли об'єкти (агенти) характеризуються багатьма потенціалами, тобто $l = 1, 2, \dots, l^*$, маємо

$$\phi_{l,k,m+1} = \phi_{l,k,m} + \sum_{i=1}^{k_j} \alpha_{l,k,i}(\phi_{l,k,m} - \phi_{l,k,i}) + f_{l,m} + g_{l,m}(\phi_{1,k,m}, \dots, \phi_{l^*,k,m}). (2)$$

Алгоритми відповідних числових розрахунків щодо прогнозування ситуаційних станів передбачають їх використання у створенні індивідуальних навчальних траєкторій користувачів з урахуванням здібностей, інтересів та можливостей.

На рис. 6 подано діаграму діяльності, що характеризує процес визначення багатокомпонентного знаннєвого потенціалу для формування індивідуальної навчальної траєкторії. Вхідними даними є початкові розподіли різного роду знаннєвих потенціалів агентів, вагові коефіцієнти, а також інтенсивності джерел передачі знань.

База даних ІНТ забезпечує зберігання згенерованих індивідуальних навчальних траєкторій користувачів для їх подальшого аналізу та використання.

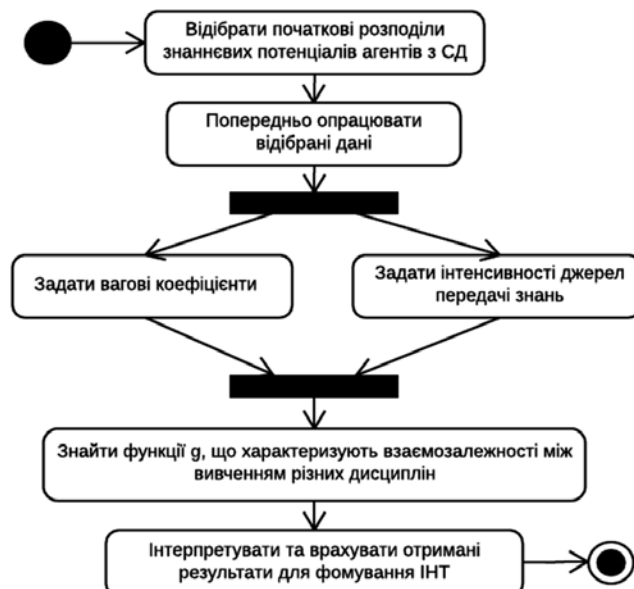


Рис. 6. Діаграма діяльності формування ІНТ

Особливості програмної реалізації. Програмно-алгоритмічний комплекс інформаційно-технологічного супроводу процесів підготовки кваліфікованих фахівців відповідно до потреб особистості та вимог ринку праці "розумного" міста розроблено у вигляді односторінкового веб-застосунку (англ. single-page application, SPA), що має низку переваг: насичений функціоналом інтерфейс; швидка реакція інтерфейсу, тому що немає потреби звертатися до сервера за кожної дії; значне зменшення навантаження на сервер; значне спрощення логіки та складності сервера.

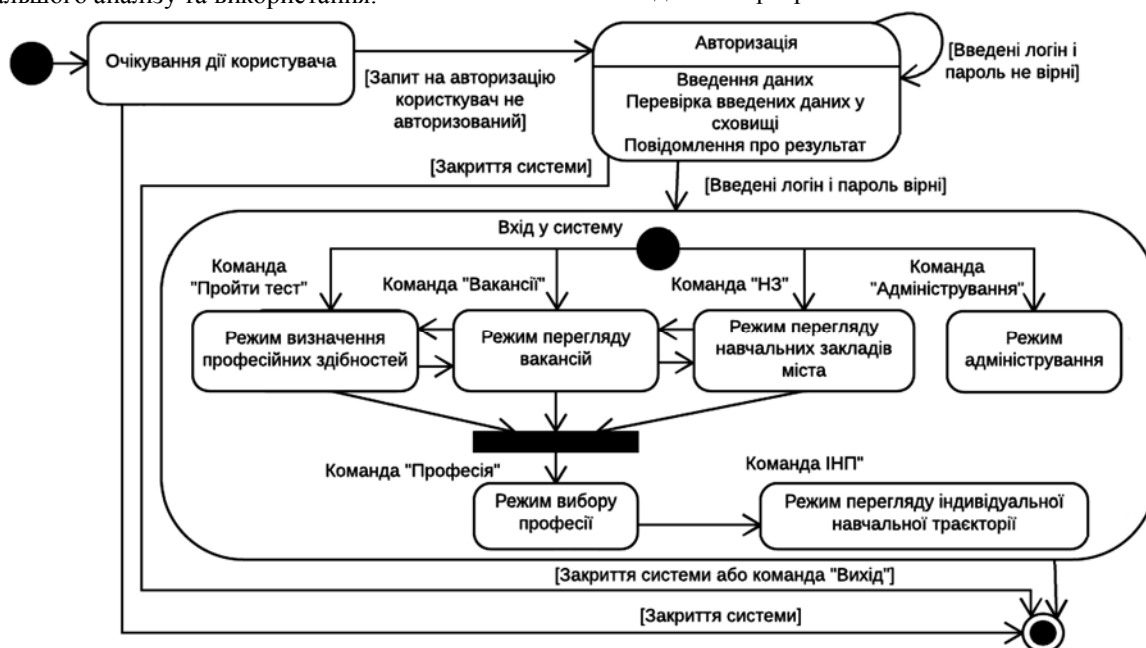


Рис. 7. Діаграма основних станів системи

Архітектуру веб-застосунку спроектовано на базі клієнт-серверної технології, що дає змогу працювати як у локальному, так і в мережевому режимах. Серверну частину написано з використанням середовища Vue.js – JavaScript-фреймворк, що використовує шаблон MVVM для створення інтерфейсів користувача на основі моделей даних через реактивне їх зв'язування.

Програмну реалізацію виконано з використанням таких програмних засобів та мов програмування:

- 1) JavaScript – динамічна, об'єктно-орієнтована мова програмування, використовується для створення сценаріїв веб-застосунку.
- 2) MySQL – система керування базами даних, використовується для запису, вибірки та оброблення даних.
- 3) HTML – мова розмітки веб-сторінок.
- 4) Sass – метамова, яку використовується для збільшення рівня абстракції CSS коду та спрощення файлів каскадних таблиць стилів.

- 5) PHP – мова програмування, використовується для формування звернень до бази даних (зчитування \ запис \ оновлення), отримання потрібної інформації та формування динамічних PHP-сторінок веб-застосунку відповідно до тих чи інших умов.
- 6) Webpack – інструментарій для збірки фронтенду, використовується для збірки веб-ресурсів Sass та Vue.js.
- 7) Nginx – локальний сервер.

Процеси функціонування програмно-алгоритмічного комплексу. На рис. 7 подано діаграму основних станів програмно-алгоритмічного комплексу в процесі його експлуатації користувачами. Для користувачів визначено такі режими функціонування веб-застосунку: визначення професійних здібностей; перегляд вакансій; перегляд навчальних закладів міста; вибір професії; перегляд індивідуальної навчальної траєкторії; адміністрування. У кожен з режимів можна перейти шляхом вибору відповідної вкладки.



Конвенціональний тип

Психологічні характеристики, особливості особистості, здатності

До нього відносяться люди, орієнтовані на цілі, завдання і цінності, які виходять із звичаїв і загальноприйнятого традиційного стану суспільства. Їх підхід до виникаючих проблем носить стереотипний і конкретно-практичний характер. Людину цього типу відзначають ригідність, консерватизм і залежність. Вона надає перевагу професіям, які пов'язані з розрахунками і маніпулюванням числами, символами, їх простим відтворенням, тобто канцелярську діяльність, наприклад машинопис, бухгалтерію, економіку. Хоча в цього типу людей краще розвинуті математичні здібності, вони володіють і непоганими навичками спілкування, але уникають артистичної діяльності. Їм не властива спонтанність і оригінальність мислення, рішення залежать від оточуючих людей. Вони погані організатори і керівники.

Орієнтація, спрямованість, переваги

Порядок, чітко розписана діяльність, робота по інструкції, заданими алгоритмами, уникнення невизначених ситуацій, соціальної активності і фізичного напруження, прийняття позиції керівництва

Професійне середовище

Економіка, зв'язок, розрахунки, бухгалтерія, діловодство. Діяльність, що вимагає здібностей до обробки рутинної інформації і числових даних

Конкретні професії

бухгалтер, фінансист, економіст, ...

Рис. 8. Сторінка результатів тесту Голланда

Допуск користувача до роботи із програмно-алгоритмічним комплексом передбачає виконання процедур авторизації чи реєстрації, останню потрібно обов'язково здійснювати з введенням таких даних, як: місто проживання, рівень освіти та дата народження для їх подальшого багатовимірного аналізу.

Після авторизації користувачам надається можливість визначити свої професійні здібності та знайти шляхом проходження профорієнтаційного тесту (попарно подані різні професії, у кожній парі професій потрібно надати перевагу одній з них). Сторінку веб-застосунку, на якій відображено результати такого тестування, подано на рис. 8.

Для візуалізації та інтерпретації результатів профорієнтаційного тестування користувачів у програмно-алгоритмічному комплексі розроблено процедури *Process*, *Prepare*, *Calculate*, програмний код яких наведено нижче:

```
class CalculateResultService
{
    /** @param array $params
     * @return Collection
     */
    public function process(array $params): Collection
    {
        $params = $this->prepare($params);

        /** @var ProfessionType[]|Collection $types */
        $types = ProfessionType::findAll(new WithQuery( with: 'variants'));
        if (!$types) {
            throw new \DomainException(_( key: 'Profession types is missing'));
        }
        /** @var ProfessionType $max */
        foreach ($types as $type) {
            $this->calculate($type, $params);
        }
        return $types;
    }

    /** @param array $params
     * @return array
     */
    protected function prepare(array $params): array
    {
        return collect($params)->mapWithKeys(function ($item) {
            return [$item['id'] => $item['choice']];
        })->all();
    }

    /**
     * @param ProfessionType $type
     * @param array $params
     * @return CalculateResultService
     */
    protected function calculate(ProfessionType $type,
        array $params): CalculateResultService
    {
        if (!$type->variants) {
            return $this;
        }
        foreach ($type->variants as $variant) {
            if (!isset($params[$variant->poll_pair_id])) {
                continue;
            }
            if ($params[$variant->poll_pair_id] == $variant->variant) {
                ++$type->points;
            }
        }
        return $this;
    }
}
```

Після проходження профорієнтаційного тесту надається можливість перегляду вакансій (враховуються потреби міста в тих чи інших фахівцях) з максимальною їх відповідністю професійним нахилам та здібностям особистості, виявлених внаслідок тестування, а також можливості міста забезпечити їх підготовку, тобто наявність навчальних закладів, які готують фахівців за обраним напрямком (рис. 9, 10).

Конвенціональний тип - вакансії

Виберіть вакансію, щоб переглянути спеціальності

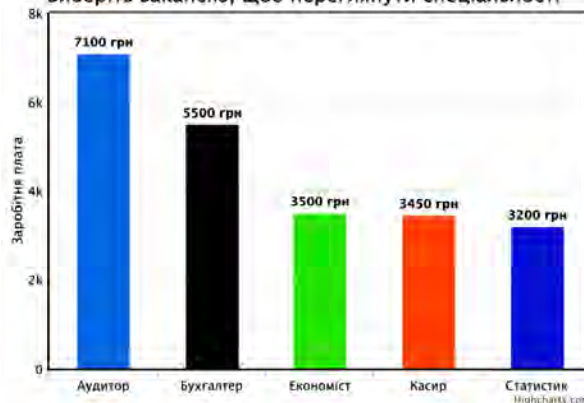


Рис. 9. Сторінка перегляду вакансій

Згорнути детальну інформацію	
Статус	державний
Акредитація	IV
Форма навчання	денна, заочна
Кваліфікаційний рівень	бакалавр, спеціаліст, магістр
Особливості	Безкоштовне навчання
	Платне навчання
	Військова кафедра
	Гуртожиток
	Післядипломна освіта
Статистика	Аспірантура, докторантура
	Підготовче відділення
	Студентів: 31528
	Викладачів: 1839
	Кандидатів наук: 1074
Спеціальності	Професорів і докторів наук: 203
	облік і аудит

Рис. 10. Сторінка інформації про вакансії

Визначення найбільш затребуваних вакансій та навчальних закладів міста, які готують фахівців за обраним напрямом, реалізовано так:

```
/**
 * Find all related specialties for passed profession
 * @param int $id
 * @return Collection
 */
public function specialties(int $id): Collection
{
    $profession = Profession::find($id);
    if (!$profession) {
        throw new \DomainException(__('key: ' . 'Profession not found'));
    }

    $query = new ProfessionSpecialtiesQuery(
        $profession,
        new WithQuery( with: 'institution' )
    );

    return Speciality::findAll($query);
}

/**
 * Find relevant vacancies by passed profession type
 * @param int $id
 * @return Collection
 */
public function vacancies(int $id): Collection
{
    $type = ProfessionType::find($id);
    if (!$type) {
        throw new \DomainException(__('key: ' . 'Profession type not found'));
    }

    $query = new ProfessionTypeVacancyQuery($type);
    return Vacancy::findAll($query);
}
```

У разі потреби користувач може перейти в режим "Перегляд вакансій" для детальнішого моніторингу ринку праці міста та режим "Перегляд навчальних закладів". Вихід здійснюється або закриттям системи або виконанням команди "Вихід".

Зазначимо, що для швидшої та надійнішої реалізації програмного продукту сформовано набір незалежних компонентів, кожний з яких виконує свої функції. Наприклад, компонента пошуку вакансій за визначеним професійним типом особистості, фрагмент програмної реалізації якого наведено нижче.

Вимоги та технічні характеристики. Оскільки програмно-алгоритмічний комплекс працює в он-лайн режимі, користувачам не потрібно його встановлювати та резервувати місце на постійному запам'ятовувальному пристрої (ПЗП), володіти окремими сервером, необхідним є лише Інтернет з'єднання, при цьому усі функції застосунку виконуються незалежно від операційної системи користувачів.

Для детальнішої характеристики розробленого програмного продукту (веб-застосунку) будемо використовувати такі параметри (табл. 1):

- P_1 – швидкодія реалізації операцій мови програмування серверної технології;
- P_2 – об'єм пам'яті для збереження даних під час виконання програми;

- P_3 – час оброблення даних, час, який витрачається на оброблення запитів користувача;
- P_4 – об'єм програмного коду створеного програмного продукту.

Табл. 1. Основні параметри

Параметр	Умове позначення	Одиниця виміру	Значення параметра
Швидкодія мови програмування	P_1	Оп/мс	2000
Об'єм пам'яті для збереження даних	P_2	Мб	8
Час оброблення запитів користувача	P_3	мс	150
Об'єм програмного коду	P_4	кількість рядків коду	5000

Порівняльний аналіз наявних онлайн-ресурсів. Порівняльний функціональний аналіз пропонованого програмно-алгоритмічного комплексу стосовно наявних закордонних та вітчизняних аналогів (онлайн-ресурсів), наведено в табл. 2. Сформульовано низку ключових параметрів, за якими проводився порівняльний аналіз: K_1 – визначення професійного типу особистості; K_2 – перегляд міського ринку праці; K_3 – рекомендації щодо вибору професії (відповідно до професійних здібностей та затребуваних професій); K_4 – перегляд навчальних закладів, що функціонують в місті; K_5 – підбір навчального закладу відповідно до обраної професії; K_6 – можливість формування індивідуальної навчальної траєкторії (відповідно до рівня знаннєвого потенціалу).

Табл. 2. Порівняльний аналіз онлайн-ресурсів

Назва ресурсу	Веб-адреса	Параметри, за якими проводиться оцінювання					
		K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6
SC Accelerate	http://scaccelearte.com/	+	+	+	+	+/-	+/-
Career Choice GPS	https://www.careerchoicegps.com/	+	+/-	+	+/-	+	+/-
Моя кар'єра	http://mycareer.org.ua/job-choice	+	-	+/-	+	+/-	-
Кар'єра	http://kariera.in.ua/	+	+	+/-	+	-	-
Смартія	https://smartia.me/	+	-	+/-	-	-	-
Освіта	http://www.osvita.org.ua/abitur/occupation/	-	+/-	-	+	+	-
Розроблений веб-застосунок		+	+	+	+	+	+

За результатами проведеного аналізу можна стверджувати, що реалізований програмно-алгоритмічний комплекс інформаційно-технологічного супроводу процесів підготовки фахівців поєднує в цілісній системі основні етапи підготовки фахівців з урахуванням потреб особистості, економічного і соціального розвитку та вимог ринку праці міста, громади чи регіону і систему устремлень відповідних спільнот.

Висновки. Розроблено архітектуру програмно-алгоритмічного комплексу інформаційно-технологічного супроводу процесів підготовки фахівців в умовах "розумного" міста. Подано відомості про основні програмні модулі програмно-алгоритмічного комплексу, виділено рівні відображення, застосувань та керування даними. Подано діаграми діяльності багатовимірною аналізу діяльності навчальних закладів та процесу визначення багатоконпонентного знаннєвого потенціалу для формування індивідуальних навчальних траєкторій агентів. Програмно-алгоритмічний комплекс розроблено у формі односторінкового веб-застосунку, працює в он-лайн режимі, що надає йому ознак мобільності та спрощує реалізацію процесів оновлення даних. Описано програмну реалізацію, порядок функціонування, ви-

моги до комп'ютерних засобів та технічні характеристики програмного продукту. Здійснено порівняльний аналіз розробленого веб-застосунку з наявними аналогами, що дало підстави стверджувати, що запропонований програмно-алгоритмічний комплекс інформаційно-технологічного супроводу процесів підготовки фахівців вперше поєднує в цілісній системі усі етапи підготовки фахівців з урахуванням потреб особистості та вимог ринку праці "розумного" міста.

Перелік використаних джерел

- Bomba, A., Nazaruk, M., Kunanets, N., & Pasichnyk, V. (2017). Constructing the diffusion-like model of biocomponent knowledge potential distribution. *International Journal of Computing*, 16(2), 74–81. [in Ukrainian].
- Boulton, A., Brunn, S. D., & Devriendt, L. (2011). Cyberinfrastructures and "smart" world cities: Physical, human, and soft infrastructures. In P. Taylor, B. Derudder, M. Hoyler & F. Witlox (Eds.). *International Handbook of Globalization and World Cities*. Cheltenham, U.K.: Edward Elgar.
- Carey, K. (2015). *The end of College: Creating the future of learning and the university of everywhere*. Penguin. 236 p.
- Davies, B. (2015). Internet of everything ePowering the smart campus&the smart city. *IBM Institute for Business Value*. 320 p.
- Holland, John L. (1973). Making vocational choices: A theory of careers. *Prentice Hall*, 3, 24–29.
- Kaplan, A., Slivecko, M., Gardner, B., & Turner, K. (2014). The future of learning: Enabling economic growth. *IBM Institute for Business Value*.

- Kupriyanovsky, V. P., Bulancha, S. A., Chernykh, K. Y., & Namiot, D. E. (2016). Smart cities as the "capitals" of the digital economy. *International Journal of Open Information Technologies*, 2, 41–52.
- Marsh, J., Molinari, F., & Rizzo, F. (2016). Human smart cities: A new vision for redesigning urban community and Citizen's life. In *Knowledge, information and creativity support systems: Recent trends, advances and solutions* (pp. 269–278).
- Nazaruk, M., & Pasichnyk, V. (2014). Information technology of analysis of secondary schools. *Bulletin of Lviv Polytechnic National University "Information Systems and Networks" series*, 783, 458–466. [in Ukrainian].
- Scuotto, V., Ferraris, A., & Bresciani, S. (2016). Internet of Things: Applications and challenges in smart cities: A case study of ibm smart city projects. *Business Process Management Journal*, 22(2), 357–367.
- Stansbury, M. (2017). *Will universities be responsible for the success of cities?* Inc. Retrieved from: <https://www.ecampus-news.com/campus-administration/universities-smart-cities/>.
- Washburn, D., Sindhu, U., Balaouras, S., Dines, R. A., Hayes, N. M., & Nelson, L. E. (2010). *Helping CIOs Understand "Smart City" Initiatives: Defining the Smart City, Its Drivers, and the Role of the CIO*. Cambridge, MA: Forrester Research, Inc. Retrieved from: http://public.dhe.ibm.com/partnerworld/pub/smb/smarterplanet/forr_help_cios_und_smart_city_initiatives.pdf.
- Zuhadar, L., Thrasher, E., Marklin, S., et al. (2017). The next wave of innovation – Review of smart cities intelligent operation systems. *Computers in Human Behavior*, 66, 273–281. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.09.030>

В. В. Пасичник, М. В. Назарук

Національний університет "Львівська політехніка", г. Львів, Україна

ПРОГРАМНО-АЛГОРИТМИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В УСЛОВИЯХ "УМНОГО" ГОРОДА

Установлено, что процесс подготовки квалифицированных специалистов в соответствии с потребностями личности и требованиями рынка труда "умного" города является сложным, многошаговым, итеративным процессом, требующим учета большого количества параметров и предпосылок. Авторами предложено его подавать в виде пяти последовательных функциональных этапов: определение профессиональных склонностей и способностей; мониторинг городского рынка труда; выбор будущей профессии; выбор учебного заведения; формирование индивидуальной учебной траектории. Дано описание разработанной архитектуры и процессов функционирования основных программных модулей программно-алгоритмического комплекса информационно-технологического сопровождения подготовки специалистов. Представлены диаграммы деятельности многомерного анализа деятельности учебных заведений и процесса определения многокомпонентного потенциала знаний для формирования индивидуальных учебных траекторий агентов; приведены диаграммы основных состояний программно-алгоритмического комплекса в процессе его эксплуатации пользователями и раскрыты особенности программной реализации; описаны порядок функционирования, требования к компьютерным средствам и технические характеристики программного продукта.

Ключевые слова: гиперкуб; потенциал знаний; диффузионноподобная модель; профориентационный тест; веб-приложение.

V. V. Pasichnyk, M. V. Nazaruk

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

ARCHITECTURE OF THE PROGRAM-ALGORITHMIC COMPLEX OF INFORMATIONAL AND TECHNOLOGICAL SUPPORT FOR TRAINING SPECIALISTS IN CONDITIONS OF SMART CITY

Education is a focal point in a city journey to becoming a smart city. Yet, instrumentation does not always have to be hardware; it can also be people. The process of training qualified personnel in accordance with the needs of the person and labour market requirements of the smart city is a complex, multi-step, iterative process concerning a large number of parameters and preconditions, and is enlarged consisting of five consecutive functional stages such as the definition of professional inclination and abilities, monitoring the market, the choice of profession, the choice of an educational institution, and the formation of an individual educational learning trajectory. As a result, we offer software architecture and algorithmic complex of informational and technological support for training specialists in a smart city. There are levels of display, application and data management that include the following components: user interface module, competency creation system module, training order, software and algorithmic complex management tools, databases and knowledge, as well as corresponding data warehouse, multidimensional data analysis subsystem, which characterizes the activity of city educational institutions, a decision support module, a logical output module and the assessment of the obtained results. Moreover, the work provides the activity diagram, which shows the multidimensional analysis of the activities of educational institutions and the process of identifying a multi-component agent's knowledge potential and gives the main states diagram of the system in the process of its exploitation by users. Software and algorithmic complex is developed as a one-page web application, it works online, which gives it signs of mobility and simplifies the implementation of data updating processes. The study describes the software implementation, operating procedures, computer requirements and technical specifications of the software product. To conclude, we have made the comparative analysis of the developed web application with existed analogues, which enables asserting the proposed software and algorithmic complex of information technology support of the process specialists' training unites in a holistic system all stages of specialists' preparation taking into account the individual's needs and the requirements of the smart city labour market for the first time.

Keywords: hypercube; knowledge potential; diffusion-like model; web application.