

УДК 004.021

К.С. ЮЩЕНКО*

ПІДХІД ДО АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ПІДБОРУ КАДРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ 3D РЕЗЮМЕ

*Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, м. Київ, Україна

Анотація. У статті розглянута можливість використання підходу з застосуванням скінченного автомата Мура для створення 3D резюме у процедурах підбору, сегментації та навчання кадрів. У даній роботі 3D резюме розглядається як документ (наприклад, HTML-документ), який представляє професійні досягнення особи у трьох вимірах (інтерактивне представлення – текстові документи, відео та тестування в режимі онлайн). Використання автомата пропонується для автоматизації перебору питань та завдань інтерактивного резюме в залежності від попередніх відповідей респондента. Мінімізація числа внутрішніх станів автомата в даному випадку застосовується для виключення дублювання питань при такому переборі. Для реалізації задачі використано автомат Мура, який базується тільки на вхідних діях. Для тестування персоналу створюються набори питань або завдань. На кожне з питань можуть бути різні неоднозначні відповіді, які не підпадають під операції логічного типу даних, але можуть бути представлені у вигляді шкали відповідності певному встановленому критерію. Сама процедура мінімізації проведена за алгоритмом Ауфенкампа-Хона. В роботі вирішена задача мінімізації числа внутрішніх станів автомата для створення 3D резюме та представлена концептуальна схема реалізації цього інструмента для підбору кадрів. 3D резюме реалізується на веб-платформах і може бути задіяне для всебічного потокового тестування персоналу, що відбирається для потреб організації, як то: проведення текстового опитування або додавання сканованих документів про освіту чи резюме, опитування з записом відеотрансляції, вирішення задач чи демонстрація навичок із застосуванням інструментів, наявних на веб-платформі. Запропоноване може бути використане для створення автоматизованих систем підбору, сегментації та навчання кадрів, реалізованих як на веб-платформах, так і як програмних продуктів для рекрутингових компаній та великих підприємств.

Ключові слова: алгоритм, мінімізація, автомат Мура, граф, перехід, кодування, елемент, рядок, вхідний сигнал.

Abstract. The article considers the possibility of using the Moore finite automat approach to create 3D resumes in recruitment, segmentation, and personnel training procedures. In this paper, a 3D resume is considered as a document (for example, an HTML document) that represents person's professional achievements in three dimensions (interactive presentation – text documents, videos, and online testing). The use of the automaton is designed to automate the search for questions and tasks of an interactive resume, depending on the respondent's previous answers. In this case, minimizing the number of internal states of the automaton is used to avoid duplication of questions during such a search. To implement the task, there is used the Moore automaton which is based only on input actions. For staff testing, there are created sets of questions or tasks. To each of the questions, there may be different ambiguous answers which do not fall under the operations of the logical data type but can be presented in the form of a scale of compliance with a certain established criterion. The minimization procedure itself is performed according to the Aufenkamp-Hohn algorithm. The paper solves the problem of minimizing the number of internal states of the automaton for creating a 3D resume and presents a conceptual scheme for implementing this tool for recruitment. The 3D resume is implemented on web platforms and can be used for comprehensive streaming testing of personnel selected for the needs of the organization, such as conducting a text survey or adding scanned educational documents or resumes, a survey with a video broadcast recording, solving problems or demonstrating skills using tools available on the web platform. The offered actions can be used to create automated recruitment, segmentation, and training systems implemented both on web platforms and as software products for recruiting companies and large enterprises.

1. Вступ

3D резюме є новим поняттям у процедурах підбору, сегментації та навчання кадрів. Хоча деякі організації вже використовують цей інструмент, проте чіткого визначення 3D резюме поки не існує. Проте, виходячи з ознак тривимірного простору як представлення деякого об'єкта у тривимірній Декартовій системі координат [1, 2] та поняття резюме як документа про професійні досягнення особи [3], можна визначити 3D резюме як документ (наприклад, HTML-документ), який представляє професійні досягнення особи у трьох вимірах (інтерактивне представлення – текстові документи, співбесіда з відеозаписом та тестування в режимі онлайн).

Як відомо [4], при відборі персоналу орієнтуються на розвиток організації на перспективу. Якщо є кадровий резерв, його досліджують, щоб визначити тих особистостей, кого можна швидко і без надлишкових витрат підготувати до роботи за наявною вакансією. Якщо відбувається зміна діяльності організації, то тоді задача кадрової служби вибрати з наявного потоку респондентів фахівців, які мають усі необхідні навички та здатні швидко адаптуватися до змін. Звичайно ж, кожна організація зацікавлена в'яснити умови, за яких може відбутися відтік кадрів. Сучасні вимоги організацій та стрімкий розвиток науково-технічного прогресу ставлять нові задачі до автоматизації процесів відбору кадрів [5]. При цьому подібні системи повинні «навчитися» аналізувати особистий вибір кандидата, його власні цілі, плани, особливості, а також урахувати поточну ситуацію на ринку праці. Неодмінне питання, на яке повинна давати відповідь подібна система, – оцінка і врахування перспектив розвитку кандидата на посаду та можливості його впливу на реалізацію стратегії організації.

Останнім часом [6] в автоматизованих системах підбору кадрів, які вийшли на абсолютно новий рівень, почали використовувати засоби штучного інтелекту. З 2015 року цей процес прискорився, навіть, з'явився вираз «tech meets HR» [7]. Все це пов'язано з накопиченням та використанням великих даних (Big Data) і необхідністю швидко обробити отриману інформацію та відібрати кандидата, який найбільше відповідає організаційному замовленню, що і визначає актуальність зазначеної теми.

Метою роботи є представлення базової концепції автоматизації відбору кадрів за допомогою 3D резюме як нового інструмента в системах управління персоналом.

Задачі роботи:

- розглянути задачу мінімізації числа внутрішніх станів автомата для створення 3D резюме;
- проаналізувати евристичний алгоритм кодування станів 3D резюме;
- представити алгоритм мінімізації числа внутрішніх станів автомата з його математичним обґрунтуванням для задач реалізації 3D резюме.

2. Постановка задачі з автоматизації підбору кадрів

Створення нових автоматизованих систем підбору кадрів обумовлене такими факторами [4]:

- впровадження нової техніки та технології, зміни в комунікаційних можливостях, що особливо актуально проявилися під час карантинів, пов'язаних із коронавірусною хворобою, що призводить до корінних змін в організації і проведенні деяких видів робіт. За таких умов потрібна кваліфікація персоналу вже не може гарантуватися лише дипломом, а проведення співбесід та зустрічей обмежена вимогами ситуації, що склалася;

– ринок праці став не лише ринком високої конкуренції однієї країни. Тепер ринок праці перестав мати кордони. Країни, що мають високий рівень техніки і технології, залучають кваліфікований персонал, який знаходиться далеко від місця роботи. Організації повинні швидко знаходити необхідний персонал на ринку праці, а також проводити необхідний контроль знань і вмінь наявного персоналу без необхідності викликати респондентів на бесіди в офіс;

– зміни у всіх сферах життя – головний елемент сучасності. Безперервні та швидкі зміни в технології та інформатиці вимагають безперервного самовдосконалення персоналу;

– для підприємства є більш ефективним і економічно вигідним вміння співробітників швидко пристосовуватися до змін у навколишньому світі, навички саморозвитку і вміння навчатися, ніж залучення весь час нових працівників у зв'язку зі змінами у техніці і технології.

Врахувати все перелічене дозволяє 3D резюме. Проте ті компанії, що використовують даний інструмент, відносять цю автоматизовану систему до комерційної таємниці. Наприклад, 3D резюме використовується при відборі викладачів до Комп'ютерної Академії «Шаг» [8], проте доступ до системи 3D резюме стає можливим на дві доби тільки після персональної бесіди з відповідальним за відбір персоналу. Інструмент, використовуваний зазначеною компанією, передбачає приєднання текстових документів, відеоспівбесіду та вирішення задач програмування в режимі он-лайн. Кожне нове завдання резюме відкривається після виконання попередніх за ієрархією задач (наприклад, бліц-опитування перед вирішенням задач), по завершенні складання резюме відбувається оцінка знань та вмінь, а як тільки час складання резюме закінчується, доступ до системи обмежується.

Проте задачу побудови 3D резюме для автоматизації підбору кадрів можна вирішити за допомогою теорії автоматів, яка застосовується в розробці штучного інтелекту [9] і може бути використана при розробці автоматизованого резюме при виконанні переходів від одного елемента вирішення задачі до іншого з урахуванням парадигми дискретного часу. Теорія автоматів використовується для вирішення задач машинного навчання, обробки природної мови та розпізнавання символів [10]. І рішенням такої задачі може стати мінімізація числа внутрішніх станів автомата. Для вирішення задачі використовується розбиття всіх станів абстрактного автомата на класи еквівалентних станів. Далі кожен клас еквівалентності замінюється представником даного класу, тобто, використовується один стан. Коли проведені всі перетворення, то отримується мінімальний автомат, число станів якого відповідає класам еквівалентності. Сама процедура мінімізації може бути проведена за алгоритмом Ауфенкампа-Хона [11]. А розглянути задачу можна через автомати Мура [12] та Мілі [13]. У даній роботі наведений приклад вирішення задачі автоматизації 3D резюме з застосуванням автомата Мура.

3. Мінімізація числа внутрішніх станів автомата щодо задачі створення 3D резюме

Припустимо, що створюється базове 3D резюме для використання у своїй роботі агентством із найму персоналу. В основу розробки такого резюме буде покладений аналіз діяльності організації або галузі в цілому, адже на початку проведення відбору необхідно визначити, чи відповідає кандидат мінімальним вимогам, які висуваються до персоналу. Тобто, на вході для первинного відбору персоналу в системі повинні бути завдання або питання, які дадуть відповіді на:

– скільки часу необхідно працівникові для виконання основних виробничих операцій, щоб визначити, чи відповідає наявний фахівець заявленим вимогам за технічними характеристиками;

– які виробничі операції можна згрупувати в більш загальне поняття робочого місця, щоб зрозуміти, наскільки фахівець орієнтується у сфері діяльності, на посаду в якій претендує;

– як організувати робоче місце таким чином, щоб збільшити продуктивність праці – для підтвердження базових практичних навичок;

– який режим роботи оптимальний для даного робочого місця – для визначення загальної компетенції;

– якими характеристиками (особливостями) повинен володіти працівник для виконання даної виробничої операції – для визначення рівня професійності;

– як може використовуватися інформація на даному робочому місці – для створення картини щодо можливості саморозвитку кандидата на посаду, його інноваційної компетенції, здатності до самоаналізу та самовдосконалення.

Подібні питання можуть бути розроблені й для інших сфер, які характеризують діяльність організації, як то: специфікація виробничого процесу, оцінка результативності праці, здатність до самовдосконалення, планування кар'єри, оплата та безпека праці.

На кожне з зазначених питань можуть бути різні неоднозначні відповіді, які не підпадають під операції логічного типу даних, але можуть бути представлені у вигляді шкали відповідності певному встановленому критерію. Тобто, всі можливі відповіді на всі питання можуть бути представлені у вигляді таблиць, з яких у підсумку можна вибрати скінченну кількість необхідних відповідей для вибору працівника.

Скінченна кількість відповідей дозволяє говорити про відстежування змін завдань у 3D резюме в залежності від поточного стану інформації, отриманої від респондента. Тобто, для вирішення поставленої задачі необхідно провести мінімізацію абстрактного автомата Мура, заданого таблицею переходів і виходів (табл. 1), які відображають переходи між завданнями, в залежності від отриманої відповіді.

Таблиця 1 – Таблиця переходів і виходів

У	у ₁	у ₂	у ₃	у ₄	у ₁	у ₂	у ₄	у ₂	у ₁	у ₁
А	а ₁	а ₂	а ₃	а ₄	а ₅	а ₆	а ₇	а ₈	а ₉	а ₁₀
Х	а ₁	а ₂	а ₃	а ₄	а ₅	а ₆	а ₇	а ₈	а ₉	а ₁₀
х ₁	а ₁	а ₃	а ₆	а ₄	а ₇	а ₅	а ₄	а ₉	а ₇	а ₁₀
х ₂	а ₅	а ₁	а ₃	а ₆	а ₁₀	а ₉	а ₈	а ₁₀	а ₉	а ₅
х ₃	а ₇	а ₄	а ₅	а ₂	а ₈	а ₈	а ₁	а ₃	а ₁₀	а ₇

Виконаємо розбивання $\pi_0 = \{B_1, B_2, B_3, B_4\}$. Для автомата Мура розбивання π_0 проводиться за вихідним сигналом.

$$B_1 = \{a_1, a_5, a_9, a_{10}\}, B_2 = \{a_2, a_6, a_8\}, B_3 = \{a_3\}, B_4 = \{a_4, a_7\}.$$

Будуємо таблицю розбиття π_0 (табл. 2).

Таблиця 2 – Таблиця розбиття π_0

	B ₁				B ₂			B ₃	B ₄	
А	а ₁	а ₅	а ₉	а ₁₀	а ₂	а ₆	а ₈	а ₃	а ₄	а ₇
х ₁	B ₁	B ₄	B ₄	B ₁	B ₃	B ₁	B ₁	B ₂	B ₄	B ₄
х ₂	B ₁	B ₁	B ₁	B ₁	B ₁	B ₁	B ₁	B ₃	B ₂	B ₂
х ₃	B ₄	B ₂	B ₁	B ₄	B ₄	B ₂	B ₃	B ₁	B ₂	B ₁

За таблицею розбиття π_0 (табл. 2) виконується розбиття π_1 . При виконанні цього розбиття аналіз проводиться тільки в середині кожної окремої множини B_i .

$$\pi_1 = \{C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7, C_8, C_9\},$$

$$C_1 = \{a_1, a_{10}\}, C_2 = \{a_5\}, C_3 = \{a_9\}, C_4 = \{a_2\}, C_5 = \{a_6\}, C_6 = \{a_8\},$$

$$C_7 = \{a_3\}, C_8 = \{a_4\}, C_9 = \{a_7\}.$$

З отриманого будується таблиця розбиття π_1 (табл. 3).

Таблиця 3 – Таблиця розбиття π_1

	C ₁		C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉
A	a ₁	a ₁₀	a ₅	a ₉	a ₂	a ₆	a ₈	a ₃	a ₄	a ₇
x ₁	C ₁	C ₁	C ₉	C ₉	C ₇	C ₂	C ₃	C ₅	C ₈	C ₈
x ₂	C ₂	C ₂	C ₁	C ₃	C ₁	C ₃	C ₁	C ₇	C ₅	C ₆
x ₃	C ₉	C ₉	C ₆	C ₁	C ₈	C ₆	C ₇	C ₂	C ₄	C ₁

За таблицею розбиття π_1 (табл. 3) можна виконати розбиття π_2 .

$$\pi_2 = \{D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_6, D_7, D_8, D_9\},$$

$$D_1 = \{a_1, a_{10}\}, D_2 = \{a_5\}, D_3 = \{a_9\}, D_4 = \{a_2\}, D_5 = \{a_6\}, D_6 = \{a_8\},$$

$$D_7 = \{a_3\}, D_8 = \{a_4\}, D_9 = \{a_7\}.$$

Розбиття π_2 повторює розбиття π_1 . Отже, процедура розрахунків може бути завершена. З кожного класу еквівалентності вибираємо по одному представнику цього класу. Із множини $D_1 = \{a_1, a_{10}\}$ вибираємо a_1 , тому $a_1 \equiv a_{10}$. У таблиці переходів стовпець, який відповідає стану a_{10} , викреслюємо, а в решті таблиці замінюємо a_{10} на a_1 . Отримуємо об'єднану таблицю переходів і виходів мінімального автомата (табл. 4).

Таблиця 4 – Об'єднана таблиця переходів і виходів мінімального автомата

У	у ₁	у ₂	у ₃	у ₄	у ₁	у ₂	у ₄	у ₂	у ₁
A	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇	a ₈	a ₉
X	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇	a ₈	a ₉
x ₁	a ₁	a ₃	a ₆	a ₄	a ₇	a ₅	a ₄	a ₉	a ₇
x ₂	a ₅	a ₁	a ₃	a ₆	a ₁	a ₉	a ₈	a ₁	a ₉
x ₃	a ₇	a ₄	a ₅	a ₂	a ₈	a ₈	a ₁	a ₃	a ₁

На підставі табл. 4 можна побудувати граф переходів автомата Мура (рис. 1), який фактично є графом 3D резюме.

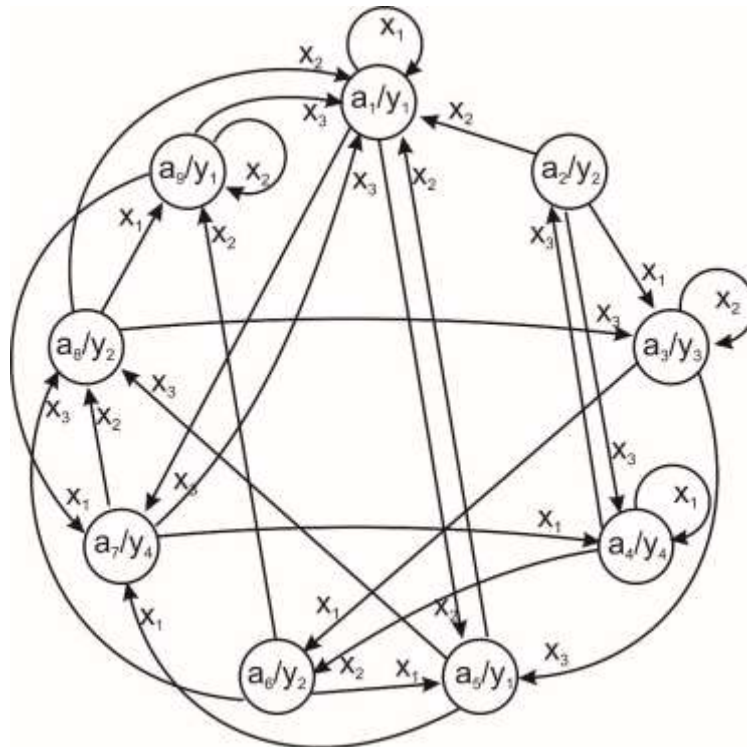


Рисунок 1 – Граф переходів автомата Мура, що візуалізує схему 3D резюме

Слід зазначити, що автомат Мура базується тільки на вхідних діях. Для створення 3D резюме саме вхідні дії є вирішальними, бо у підсумку, за рядом визначених критеріїв, дають відповідь на запитання «ІСТИНА» або «ХИБА» для переходу до більш складних питань. Для того, щоб зрозуміти ці переходи та прибрати з 3D резюме відповіді на питання, які можуть запустити алгоритм відбору за повторним циклом, слід попередньо дослідити можливий алгоритм кодування станів та скласти функціональну схему автомата переходів.

4. Евристичний алгоритм кодування станів 3D резюме

Евристичний алгоритм кодування станів мінімізує сумарне число змін елементів пам'яті на всіх переходах автомата. Для 3D резюме подібний алгоритм призначений для того, щоб виключити можливість повтору питань.

Побудова алгоритму базується на ваговій функції

$$W = \sum t_{ij},$$

де t_{ij} – відстань Хеммінга між кодами станів a_i і a_j .

Суть алгоритму може бути описана такими кроками:

1. Будується матриця M , що утримує всі пари номерів (a_r, b_r) переходів автомата.
2. Здійснюється ротація рядків матриці з умовою, що кожен наступний рядок утримує мінімум один елемент із попередніх рядків.
3. Кодуються стани першого рядка матриці M : $Ka_1 = 00\dots00$, $Kb_1 = 00\dots01$.
4. Викреслюється з матриці M перший рядок із закодованими станами. Буде отримано матрицю M' .
5. У силу п. 3 в початковому рядку матриці M' буде закодований один елемент. Вибирається з першого рядка матриці M' незакодований елемент і позначається γ .

6. Будується матриця M_γ на основі вибирання з матриці M' рядків, що містять γ . Нехай $B_\gamma = \{\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_f, \dots, \gamma_F\}$ – множина елементів із матриці M_γ , які вже закодовані. Їх коди позначити через $K_{\gamma_1}, K_{\gamma_2}, \dots, K_{\gamma_f}, \dots, K_{\gamma_F}$ відповідно.

7. Для кожного $K_{\gamma_f} (f = 1, 2, \dots, F)$ знаходиться $C_{\gamma_f}^1$ – множина кодів, віддалених від K_{γ_f} на відстань Хеммінга, яка не зайнята у кодуванні станів автомата і дорівнює 1. Будується множина $D_\gamma^1 = \bigcup_{f=1}^F C_{\gamma_f}^1$. Якщо $D_\gamma^1 = 0$, то будується нова множина $D_\gamma^2 = \bigcup_{f=1}^F C_{\gamma_f}^2$, де $C_{\gamma_f}^2$ – множина кодів, у яких кодова відстань із кодом K_{γ_f} дорівнює 2. Якщо $D_\gamma^2 = 0$, будується D_γ^3 і т.д., доки не буде знайдено $D_\gamma^n \neq 0$. Приймається, що $D_\gamma^n = \{K_{\gamma_1}, \dots, K_{\gamma_g}, \dots, K_{\gamma_G}\}$.

8. Для кожного K_{γ_g} знаходиться $w_{gf} = |K_{\gamma_g} - K_{\gamma_f}|^2$ – відстань Хеммінга між K_{γ_g} і всіма використовуваними кодами $K_{\gamma_f} (f = 1, 2, \dots, F)$.

9. Знаходиться $w_g = \sum_{f=1}^F w_{gf}$, ($g = 1, \dots, G$).

10. З D_γ^n вибирається K_γ , у якого $w_g = w_{g \min}$. Елемент γ кодується, як K_γ .

11. З матриці M' викреслюються рядки, в яких обидва елементи закодовані, в результаті чого отримується нова матриця, яка також позначається M' . Якщо в матриці M' не залишилося жодного рядка, здійснюється перехід до п. 12. Якщо ця умова не виконується, то перехід здійснюється до п. 5.

12. Обчислюється функція $w = \sum t_{ms}$, де $t_{ms} = |K_m - K_s|^2$.

13. Кінець.

Оцінкою якості кодування по розглянутому алгоритму може служити число $K = W/P$, де P – число переходів в автоматі. Очевидно, що $K \geq 1$, причому, чим менше значення K , тим краще результат кодування.

5. Алгоритм мінімізації числа внутрішніх станів автомата

Наведений вище алгоритм не мінімізує переходи, а лише запускає процес переходу між питаннями 3D резюме в залежності від наданої відповіді. Для мінімізації переходів можна використати такі базиси:

1. Елементи І, АБО, НІ. Кількість входів елементів І, АБО – від 2 до 4-х. Здатність навантаження всіх елементів – до 10.

2. Елементи І-НІ. Кількість входів – від 2 до 6. Здатність навантаження – до 10.

3. Елементи АБО-НІ. Кількість входів – від 2 до 6. Здатність навантаження – до 10.

Розглянемо загальний процес побудови функціональної схеми автомата на елементах І, АБО, НІ.

Задана система булевих функцій (функцій виходу і функцій збудження елементів пам'яті) аналізується на наявність спільних частин. За допомогою інверторів формуються інверсні значення вхідних сигналів (інверсні значення сигналів зворотного зв'язку з пам'ятовуючих елементів отримують з інверсних виходів тригерів). На елементах І реалізуються кон'юнкції, що входять до булевої функції. Якщо кількість змінних, що входять у кон'юнкцію, перевищує кількість входів елемента, використовується двоступенева схема включення (рис. 2). Загальні частини реалізуються на окремих елементах (рис. 3), тобто загальна частина замінюється новою умовною змінною.

У відповідності з виразом булевої функції сигнали з виходів елементів І подаються на входи елементів АБО для реалізації диз'юнкції. Як і в попередньому випадку, можуть використовуватися загальні частини, двоступеневі схеми. Якщо навантаження на елемент перевищує його здатність навантаження, використовуються дублюючі елементи. Після реалізації комбінаційної схеми проводиться синтез функціональної схеми автомата.

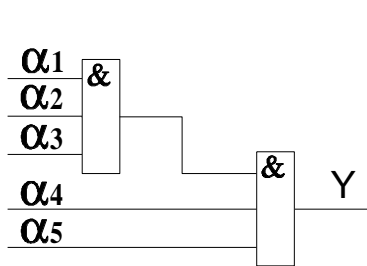


Рисунок 2 – Схема «І»

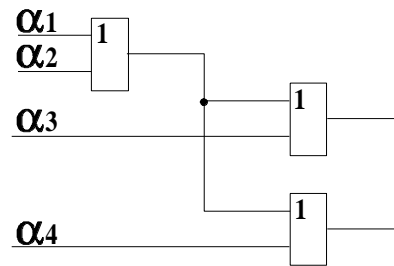


Рисунок 3 – Загальна частина

Основна ідея підходу до мінімізації внутрішніх станів автомата, який відповідає за логіку подачі завдань або питань в 3D резюме, полягає в такому програмуванні резюме, при якому розбиття станів вихідного абстрактного автомата відбувається при заміні кожного класу еквівалентності одним станом (за умови, що класи еквівалентних станів попарно не перетинаються). Це дозволить без дублювання проводити подачу питань або завдань резюме в залежності від попередньої відповіді респондента. Для цього приймаємо, що два стани автомата a_m і a_s називаються еквівалентними ($a_m \equiv a_s$), якщо $\lambda(a_m, X) = \lambda(a_s, X)$ для всіх можливих питань на вході з деякою заданою довжиною X . При цьому приймається, що у разі, коли a_m і a_s не еквівалентні, то ці два стани автомата є абсолютно різними. K -еквівалентність при цьому виступає більш слабкою. Стани a_m і a_s K -еквівалентні, якщо $\lambda(a_m, X_k) = \lambda(a_s, X_k)$ для всіх можливих вхідних слів довжини K . А якщо мова йде лише про автомат Мура, то застосовується поняття нульової еквівалентності та розбиття множин на «нуль»-класи. Тобто, це автомати Мура, які однаково відмічені вхідними сигналами.

У задачі створення 3D резюме вище було використано підхід із використанням автомата Мура. Для створення алгоритму мінімізації вводимо таблицю переходів і виходів (табл. 5) [14].

Таблиця 5 – Таблиця переходів і виходів

У	у ₁	у ₁	у ₃	у ₃	у ₃	у ₂	у ₃	у ₁	у ₂	у ₂	у ₂	у ₂
А	а ₁	а ₂	а ₃	а ₄	а ₅	а ₆	а ₇	а ₈	а ₉	а ₁₀	а ₁₁	а ₁₂
х1	а ₁₀	а ₁₂	а ₅	а ₇	а ₃	а ₇	а ₃	а ₁₀	а ₇	а ₁	а ₅	а ₂
х2	а ₅	а ₇	а ₆	а ₁₁	а ₉	а ₁₁	а ₆	а ₄	а ₆	а ₈	а ₉	а ₈

На прикладі табл. 5 виконуються такі дії:

1. Розбиття π_0 :

$$\pi_0 = \{B_1, B_2, B_3\},$$

$$B_1 = \{a_1, a_2, a_8\}, B_2 = \{a_6, a_9, a_{10}, a_{11}, a_{12}\}, B_3 = \{a_3, a_4, a_5, a_7\}.$$

2. Побудуємо робочу таблицю (табл. 6) розбиття π_0 [14].

Таблиця 6 – Робоча таблиця розбиття π_0

У	В ₁			В ₂					В ₃			
А	а ₁	а ₂	а ₈	а ₆	а ₉	а ₁₀	а ₁₁	а ₁₂	а ₃	а ₄	а ₅	а ₇
х1	В ₂	В ₂	В ₂	В ₃	В ₃	В ₁	В ₃	В ₁	В ₃	В ₃	В ₃	В ₃
х2	В ₃	В ₃	В ₃	В ₂	В ₂	В ₁	В ₂	В ₁	В ₂	В ₂	В ₂	В ₂

3. Виконаємо розбиття π_1 із занесенням у наступну робочу таблицю (табл. 7) [14]:

$$\pi_1 = \{C_1, C_2, C_3, C_4\},$$

$$C_1 = \{a_1, a_2, a_8\}, C_2 = \{a_6, a_9, a_{11}\}, C_3 = \{a_{10}, a_{12}\}, C_4 = \{a_3, a_4, a_5, a_7\}.$$

Таблиця 7 – Робоча таблиця розбиття π_1

У	С ₁			С ₂			С ₃		С ₄			
А	а ₁	а ₂	а ₈	а ₆	а ₉	а ₁₁	а ₁₀	а ₁₂	а ₃	а ₄	а ₅	а ₇
х1	С ₃	С ₃	С ₃	С ₄	С ₄	С ₄	С ₁	С ₁	С ₄	С ₄	С ₄	С ₄
х2	С ₄	С ₄	С ₄	С ₂	С ₂	С ₂	С ₁	С ₁	С ₂	С ₂	С ₂	С ₂

4. Аналогічно виконується для π_2 :

$$\pi_2 = \{D_1, D_2, D_3, D_4\},$$

$$D_1 = \{a_1, a_2, a_8\}, D_2 = \{a_6, a_9, a_{11}\}, D_3 = \{a_{10}, a_{12}\}, D_4 = \{a_3, a_4, a_5, a_7\}.$$

5. З наведеного витікає, що розбиття π_2 є повторенням π_1 . У цьому випадку процедуру можна вважати завершеною.

6. Наявні класи еквівалентності D_1, D_2, D_3, D_4 . З цих класів вибирається по одному представнику, припустимо, за мінімальним номером: $A = \{a_1, a_3, a_6, a_{10}\}$.

7. З табл. 5 [14] вибираються стани, які не відповідають поставленій задачі (так звані «зайві»). Результат заноситься в окрему таблицю (табл. 8), яка і визначає мінімальний автомат Мура.

Таблиця 8 – Мінімальний автомат Мура

У	у ₁	у ₃	у ₂	у ₂
А	а ₁	а ₃	а ₆	а ₁₀
х1	а ₁₀	а ₃	а ₃	а ₁
х2	а ₃	а ₆	а ₆	а ₁

Реалізацію алгоритму можна представити у вигляді концептуальної схеми 3D резюме (рис. 4).

На рис. 4 можна побачити, що на вході 3D резюме відбувається довільний вибір між двома наборами питань для відбору персоналу. Далі питання перемішуються, адже обидва набори відповідають одному рівню підготовки персоналу. При цьому питання не дублюються. Перемішування питань відбувається при переходах за умовою «коли попереднє завдання виконане». Відповідь на підсумкове питання виводить на завершення виконання алгоритму резюме.

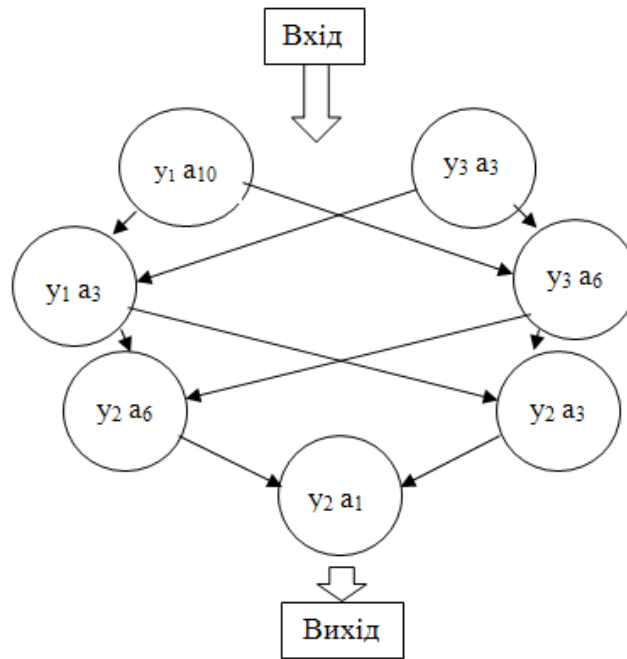


Рисунок 4 – Концептуальна схема реалізації 3D резюме

6. Висновки

1. Розглянутий підхід до автоматизації 3D резюме з використанням автомата Мура та алгоритмізації цього процесу. 3D резюме реалізується на веб-платформах і може бути задіяне для всебічного потокового тестування персоналу, що відбирається для потреб організації, як то: проведення текстового опитування або додавання сканованих документів про освіту чи резюме, опитування з записом відеотрансляції, вирішення задач чи демонстрація навичок із застосуванням інструментів, наявних на веб-платформі. При цьому для роботодавця цікавий вихід – результат. Будь-які повтори питань мінімізуватимуть результат, тож вони є неприпустимі. Мінімізацією числа внутрішніх станів автомата досягається поставлена задача.
2. Слід зазначити, що повноцінне 3D резюме буде створене в тому випадку, коли будуть враховуватися і вхідні, і вихідні параметри. Тобто, подібна задача вимагає вирішення і з використанням автомата Мілі.
3. Запропоноване може бути використане для створення автоматизованих систем підбору, сегментації та навчання кадрів, реалізованих як на веб-платформах, так і як програмні продукти для рекрутингових компаній та великих підприємств.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Brannan D.A., Esplen M.F., Gray J.J. Geometry. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. 510 p. ISBN 0-521-59787-0.
2. Клепко В.Ю., Голець В.Л. Прямокутні координати в просторі. *Вища математика в прикладах і задачах*. 2-ге вид. К.: Центр учбової літератури, 2009. 594 с.
3. Шевчук С. Українське ділове мовлення: підручник. К.: Арій, 2007. 576 с.
4. Хміль Ф. Управління персоналом: підручник. К.: Академвидав, 2006. 487 с.
5. Бей Г.В., Серета Г.В. Трансформація HR-технологій під впливом цифровізації бізнес-процесів. *Економіка і організація управління*. 2019. № 2 (34). С. 93–101.
6. Брінцева О.Г., Білоус О.С. Інформаційні технології в управлінні персоналом підприємства: сучасні тенденції. *Соціально-трудові відносини: теорія та практика*. 2018. № 1. С. 264–271.

7. Грішнова О.А. Майбутнє праці і працівника в інформаційному суспільстві. *Імперативи та інноваційні механізми забезпечення гідної праці в умовах становлення нової економіки*: зб. тез доп. учасників Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, 25–26 квітня. 2017 р.). К.: КНЕУ, 2017. С. 25–26.
8. Комп'ютерна Академія «ШАГ». URL: <https://kiev.itstep.org/>.
9. Глибовець М.М., Олецький О.В. Штучний інтелект. Київ: «Києво-Могилянська академія», 2002. 364 с. ISBN 966518153X.
10. Тегмарк М. Життя 3.0. Доба штучного інтелекту / пер. з англ. Зорина Корабліна. Київ: Наш формат, 2019. 428 с.
11. Баранов С.И. Синтез микропрограммных автоматов. Л.: Энергия, 1979. 232 с.
12. Moore E.F. Gedanken-experiments on Sequential Machines. *Automata Studies, Annals of Mathematical Studies*. 1956. Vol. 34. P. 129–153.
13. Mealy G.H. A Method to Synthesizing Sequential Circuits. *Bell Systems Technical Journal*. 1955. P. 1045–1079.
14. Головань С.М. [та ін.]. Прикладна теорія цифрових автоматів. Практикум: навч. посіб. для студентів ВНЗ, які навчаються за напрямом підгот. «Безпека інформаційних і комунікаційних систем». Луганськ: Ноулідж, 2013. 177 с. ISBN 978-617-579-540-8.

Стаття надійшла до редакції 23.02.2022