

- konferencji “Aktualne problemy nowoczesnych nauk-2010”, 7–15 czerwca 2010 r. – Volume 8. Ekonomiczne nauki. – Przemysl : Nauka i studia, 2010. – S. 41–43.
6. Пілько А. Д. Математичне моделювання процесу оцінки ефективності системи маркетингових комунікацій підприємства / Пілько А. Д., Лукан О. М. // Materialy VI Mezinarodni vedecko-prakticka konference “Nastoleni moderni vedy-2010”, 27.09.2010 – 05.10.2010. – Dil 2. Ekonomicke vedy. – Praha, 2010. – S. 40–8.
 7. Солнцев С. А. Эволюция моделей маркетинговых коммуникаций / Солнцев С. А., Гень Т. А. // Бизнес-информ, 2009. – № 4 (3). – С. 167–171.
 8. Титов А. Б. Теория оценки эффективности маркетинговых коммуникаций / Титов А. Б., Алексеев А. А., Либеров А. Б. – С. Пб. : СПУЭФ, 2000.

Рецензенти:

Благуно І.С. – доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри економічної кібернетики Прикарпатського національного університету ім. В.Стефаника;

Баран Р.Я. – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри фундаментальних дисциплін Івано-Франківського інституту менеджменту Тернопільського національного економічного університету.

УДК 331.5 (477)

ББК У9 (4 Укр) 240

Приймак В.І., Скорупка Д.

НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ В УПРАВЛІННІ РИНКОМ ПРАЦІ

Львівський національний університет імені Івана Франка,
Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України,
кафедра інформаційних систем у менеджменті,
79008, м. Львів, просп. Свободи, 18,
тел.: 0322394026
e-mail: Pryimak_Vasyl@ukr.net

Вища офіцерська школа сухопутних військ,
Міністерство оборони Польщі,
кафедра управління,
51150, м. Вроцлав, вул. Чайковського, 109,
тел.: 0048609608071,
e-mail: Dareks100@interia.eu

Анотація. Обґрунтовано доцільність використання теорії штучних нейронних мереж при прийнятті управлінських рішень на ринку праці. Розглянуто два підходи до прогнозування безробіття, які ґрунтуються на побудові відповідних нейромереж. Вхідними сигналами однієї з указаних мереж є значення таких показників: ВВП, прямі іноземні інвестиції, доходи населення та чисельність населення. Знайдені розглянутими методами прогнози кількості зареєстрованих безробітних, указують на те, що кількість таких безробітних буде поступово зменшуватися, проте цей процес матиме циклічний характер.

Ключові слова: штучний інтелект, нейронна мережа, ринок праці, безробіття, управління, прогнозування.

Annotation. The expediency of use of the theory of artificial neural networks is proved at acceptance of administrative decisions on a labor market. Two approaches to forecasting the unemployment based on construction corresponding neural networks are considered. Input signals of one of these networks are values of such indicators: gross national product, direct foreign investments, income and population. Forecasts of quantity of the registered unemployed are found by the

considered methods show that the quantity of such unemployed will gradually decrease, however this process will have cyclic character.

Key words: artificial intelligence, neural network, the labor market, unemployment, management, prognosis.

Вступ. Як показує практика, для країн з ринковою економікою характерним є наявність багатьох проблем, вирішити які за допомогою механізму саморегулювання неможливо. Потрібне державне втручання в економіку. Указане стосується і сфери праці. Поліпшити ситуацію із зайнятістю і безробіттям, вирішити існуючі соціальні конфлікти в цій сфері можливо лише за допомогою держави. Для ефективного функціонування економіки й попередження соціальних вибухів держава повинна управляти ринком праці.

Управління будь-яким об'єктом, зокрема й ринком праці, лише тоді буде ефективним, коли воно буде функціонувати на підставі принципу оберненого зв'язку. Керуюча підсистема має знати, як змінюється стан цього об'єкта (ринку праці) під дією певних управлінських рішень. При цьому виникає необхідність в оцінюванні цього стану й прогнозуванні траєкторії його розвитку.

Для оцінювання стану й трансформації ринку праці науковцями запропоновано багато підходів. Найпоширеніший з них – це побудова узагальненого показника. Алгоритми побудови цих показників можуть бути різними. Для цієї мети навіть можна використати метод головних компонент, а як узагальнений показник узяти першу головну компоненту, якщо на неї припадає досить велика частка сумарної варіації. У роботі [1] досить детально описано ці алгоритми й виконано їх порівняльний аналіз. Виконання розглянутих процедур, по суті, означає вимірювання стану ринку праці за допомогою шкали порядку.

Зауважимо, що деякі із цих алгоритмів як первинну інформацію використовують тільки статистичні [2; 3], а деякі – експертні [4] дані. Одні з них дозволяють оцінити стан ринку праці в певний момент часу [2], інші – його динаміку [5], а ще інші – як перше, так і друге [3].

Підхід, що використовує узагальнені показники для оцінювання певного об'єкта, дає змогу порівнювати, а також групувати регіони за станом чи динамікою їхніх ринків праці. Однак класифікацію регіональних ринків праці можна виконати відразу без побудови узагальнених показників, використовуючи лексикографічний алгоритм чи алгоритми кластерного аналізу [1]. Це означає вимірювання стану ринку праці за допомогою шкали найменувань.

Для того, щоб управління ринком праці було ефективним, недостатньо знати його теперішній стан і те, як цей стан змінювався в минулому. Необхідна інформація про траєкторію розвитку цього ринку в майбутньому. Тобто разом з оцінюванням стану й динаміки ринку праці потрібно мати прогноз попиту, пропозиції та інших характеристик цього ринку. Це питання набирає особливої актуальності у зв'язку із сьогодишнім активним упровадженням комп'ютерних систем підтримки прийняття рішень.

Сьогодні більшість наукових публікацій, які стосуються оцінювання стану й динаміки ринку праці, його прогнозування, містять класичні математичні й статистичні методи та моделі. Ці методи використовують кількісні співвідношення у вигляді алгебраїчних, диференціальних, різницевих, інтегральних та інших рівнянь і нерівностей.

Застосування останніх з них у наукових дослідженнях потребує достовірної входної інформації. Однак не вся первинна інформація про ринок праці є достовірною. Зокрема, не всі підприємці завжди заявляють про всі вільні робочі місця, шукаючи працівників самостійно. Серед тих, хто шукає роботу, не всі є зареєстрованими безробітними.

Можна навести приклади того, що статистична інформація про попит і пропозицію, а також інші характеристики ринку праці не є достовірною. Тому використання

точних методів і моделей для її обробки не може дати точного результату. У деяких випадках застосування наближених методів до обробки неточних даних може дати кращі результати, ніж застосування точних методів. Адже людина розв'язує найскладніші з математичного погляду задачі керування і прийняття рішень, не використовуючи строгих кількісних співвідношень.

Людина досягає такого результату завдяки двом унікальним властивостям її розуму [6]:

- здатності самонавчатися, тобто здатності послідовно мінімізувати відхилення фактичного результату діяльності від деякого бажаного еталону;
- лінгвістичності, тобто здатності виражати розмовною мовою ті знання, котрі одержані в результаті навчання.

Тому при прийнятті управлінських рішень треба звертатися до такого математичного апарату, який, на відміну від класичних методів, пристосований ураховувати ці властивості. Тобто при виробленні рішень з управління ринком праці треба використовувати засоби штучного інтелекту, зокрема, нейронні мережі.

Сьогодні науковці активно використовують нейронні мережі в моделюванні й прогнозуванні економічних процесів. Зокрема, у наукових працях [7; 8] ці мережі автори застосовують відповідно для вироблення рішень з управління ризиками будівельних проектів і прогнозування трудової міграції населення України. Однак для прогнозування стану ринку праці нейронні мережі не використовувались.

Постановка завдання. Метою дослідження є вивчити можливість застосування нейромережних технологій для прогнозування безробіття в Україні й знаходження прогнозу кількості безробітних з використанням часового ряду тільки одного цього показника, а також з урахуванням часових рядів декількох інших економічних показників. Дослідження виконано із застосуванням теорії штучних нейронних мереж і комп'ютерної техніки, а саме – пакетів STATISTICA 7.0, STATISTICA Data Mining 8.0 та STATISTICA Trial 9.0.

Результати. Штучна нейронна мережа (Neural Network) є системою, яка складається з деякої кількості пристроїв так званих штучних нейронів, з'єднаних між собою. Існують і продовжують створюватися комп'ютерні системи, побудовані на основі штучних нейронних мереж. Ці системи називають нейрокомп'ютерами чи просто нейронними мережами або нейромережами. Тобто нейромережа є програмно реалізованою системою, в основу якої покладена математична модель процесу передавання і оброблення імпульсів мозку людини, що імітує механізм взаємодії нейронів з метою опрацювання вхідної інформації і, ураховуючи його результати, навчається досвіду. Тобто проводиться комп'ютеризована імітація інтелектуального режиму поведінки людини. Слід зауважити, що головним тут є здатність цих мереж навчатися в процесі вирішення поставленого завдання.

Нейрокомп'ютери забезпечують користувачів надзвичайно гнучким і в певному розумінні універсальним аналітичним інструментарієм. Вони дають можливість виконувати класифікацію образів, класифікацію об'єктів, апроксимацію функцій, оптимізацію і прогнозування. У принципі нейромережі можуть робити все те ж саме, що й традиційні комп'ютери. Для цієї мережі може бути відсутній алгоритм, але головне, щоб було накопичено достатню кількість прикладів. Причому дані можуть бути неповними чи надмірними, містити шуми або бути частково суперечливими.

У процесі вироблення рішення нейромережа спочатку вчиться на первинних екзогенних і ендогенних даних, а потім визначає потрібний результат, залежно від поставленого перед нею завдання. Навчання мережі може бути трьох типів: “із учителем”, “без учителя” (самонавчання) і змішана. У першому випадку нейронна мережа має у своєму розпорядженні правильні відповіді (виходи мережі) на кожний вхідний приклад.

Відбувається налагодження мережі так, щоб вона робила відповіді, близькі до відомих прийнятних відповідей. Посилений варіант навчання з учителем припускає, що відома тільки критична оцінка слушності виходу нейронної мережі, але не самі прийнятні значення виходу. Навчання без учителя не потребує знання правильних відповідей на кожний приклад навчальної вибірки. У цьому разі розкривається внутрішня структура даних або кореляції між зразками в системі даних, що дозволяє розподілити зразки за категоріями. При змішаному навчанні частина мережі визначається за допомогою навчання з учителем, у той час, як інша утворюється за допомогою самонавчання.

Не заглиблюючись у розгляд теорії з нейронних мереж, знайдемо за їх допомогою прогноз кількості безробітних в Україні на 2010 і кілька наступних років. Причому будемо шукати його двома способами. Перший – з використанням як часового ряду поквартальних даних кількості безробітних, так і часових рядів деяких інших економічних показників за 2004–2009 рр., а другий – з урахуванням тільки часового ряду кількості безробітних на кінець місяця за 2005–2009 рр. Для розрахунків було використано статистичні дані, опубліковані в статистичних щорічниках за відповідні роки та інших офіційних публікаціях Держкомстату України.

Отже, спочатку за допомогою пакета STATISTICA нами було виконано кореляційний аналіз. Досліджувалася кореляція безробіття з багатьма чинниками, такими як ВВП, капітальні інвестиції в економіку, чисельність виконавців наукових і науково-технічних робіт, прямі іноземні інвестиції, доходи населення (наявні та зареєстровані), середня заробітна плата, індекси цін, обсяги обороту роздрібної та оптової торгівлі, необоротні активи, міграційний рух населення, освіта та наука й багато інших. Розраховувалися коефіцієнти як парної, так і множинної кореляції.

У результаті виконання потрібних розрахунків було вибрано такі чинники: ВВП, прямі іноземні інвестиції, доходи населення та чисельність населення. Кореляція кожного показника із зареєстрованим безробіттям різна (коефіцієнт кореляції показника “кількості зареєстрованих безробітних” з показником “ВВП” дорівнює (-0,452594), з показником “прямі іноземні інвестиції” – (-0,767031), “доходи населення” – (-0,209991) і “чисельність населення” – (-0,792992), але саме ця комбінація дає найбільший коефіцієнт множинної кореляції – 0,94802.

Для знаходження прогнозу безробіття першим способом спочатку за допомогою нейронної мережі було знайдено прогнозні значення вказаних чотирьох екзогенних показників (табл. 1). При цьому значення вартісних показників використовувалися з урахуванням дефлятора.

Як видно з табл. 1, протягом 2010–2012 рр. чисельність населення поступово зменшуватиметься, а значення трьох інших розглянутих показників матимуть циклічний характер – ВВП і доходи населення будуть більшими в першому та четвертому й меншими в другому та третьому кварталах кожного року, а прямі іноземні інвестиції навпаки.

Далі нами було навчено штучну нейронну мережу залежності ендогенного від екзогенних чинників. Обрано функцію, за якою проводилися навчання мережі та максимальні й мінімальні значення показників. Як і в попередньому випадку, у нейронній мережі було задано кількість прихованих шарів – 1. Кількість нейронів у вхідному й вихідному шарах, відповідно, 4 і 1, прихованому – 2. Залежність знайдена з використанням 80% вибірки, за максимальної та середньої помилок при навчанні – 0,5 і тестуванні – 0,5. Навчання проводилося протягом 100 000 періодів (epoch).

Таблиця 1

Прогнозні значення показників ВВП, прямих іноземних інвестицій, доходів населення та чисельності населення в Україні на 2010–2012 рр.

Роки	Квартали	ВВП, млн грн	Прямі іноземні інвестиції, млн дол. США	Доходи населення, млн грн	Чисельність населення, осіб
2010	1	78 787,39	15 272,04	319 854,7	46 636 823
	2	77 014,49	23 660,42	79 712,3	46 526 042
	3	77 121,41	26 335,14	85 401,2	46 453 792
	4	88 000,44	21 673,29	216 940,1	46 421 306
2011	1	79 572,42	31 100,05	331 466,6	46 372 021
	2	77 107,02	34 031,21	79 682,0	46 313 461
	3	77 244,32	33 316,05	84 468,3	46 147 531
	4	90 140,13	36 437,74	230 850,2	46 238 826
2012	1	79 664,24	38 786,24	359 387,4	46 173 696
	2	76 907,43	38 194,88	79 671,3	46 126 730
	3	75 475,26	35 992,83	83 635,1	46 042 253
	4	83 294,21	38 956,01	157 258,0	45 963 791

Після проведення навчання на основі отриманих раніше даних прогнозу екзогенних чинників (табл. 1) розраховано прогнозні значення зареєстрованого безробіття. Результати розрахунків подано на рис. 1.

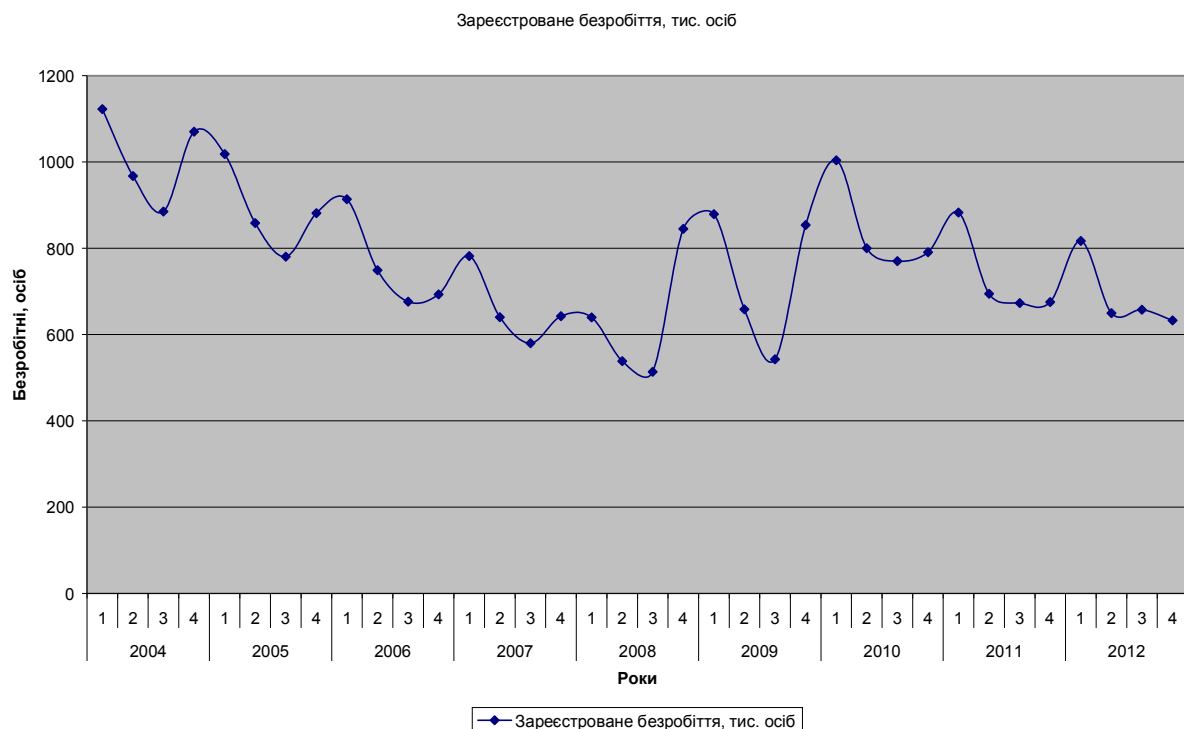


Рис. 1. Зареєстроване безробіття в Україні (первинні й прогнозні поквартальні дані)

Згідно з отриманими за допомогою побудованої нейронної мережі прогнозами, зареєстроване безробіття в Україні буде поступово зменшуватися, проте циклічність процесу збережеться. Найпомітніші ці коливання у 2009 та 2010 роках, що можна пояснити світовою фінансово-економічною кризою.

Як було сказано вище, за допомогою аналогічно налагодженої іншої штучної нейронної мережі з використанням пакета STATISTICA нами було знайдено прогноз зареєстрованого безробіття другим способом. При цьому використано статистичні дані

про кількість зареєстрованих безробітних на кінець кожного місяця 2005–2009 рр. і кінець перших трьох місяців 2010 р. (див. табл. 2).

Таблиця 2

**Зафіксована й прогнозна кількість зареєстрованих безробітних в Україні
на кінець місяця 2005–2014 рр., тис. осіб**

Рік	Місяць	Кількість безробітних	Рік	Місяць	Кількість безробітних	Рік	Місяць	Кількість безробітних
2005	січень	992,1	2009	січень	900,6	2013	січень	520,6
	лютий	1 019,0		лютий	906,1		лютий	525,8
	березень	1 018,0		березень	879,0		березень	542,0
	квітень	986,7		квітень	808,8		квітень	567,3
	травень	918,3		травень	736,3		травень	767,4
	червень	858,3		червень	658,5		червень	925,1
	липень	825,4		липень	606,9		липень	895,4
	серпень	800,4		серпень	569,6		серпень	848,5
	вересень	780,6		вересень	542,7		вересень	816,5
	жовтень	762,9		жовтень	508,4		жовтень	742,0
	листопад	809,7		листопад	512,2		листопад	654,2
	грудень	881,5		грудень	531,6		грудень	578,4
2006	січень	899,9	2010	січень	526,7	2014	січень	562,9
	лютий	923,8		лютий	530,3		лютий	549,6
	березень	913,7		березень	505,2		березень	547,7
	квітень	868,7		квітень	764,8		квітень	516,0
	травень	805,8		травень	852,3		травень	550,1
	червень	749,1		червень	901,1		червень	587,8
	липень	715,3		липень	883,0		липень	554,9
	серпень	694,7		серпень	885,8		серпень	553,2
	вересень	676,1		вересень	868,5			
	жовтень	653,3		жовтень	817,8			
	листопад	693,1		листопад	742,8			
	грудень	693,1		грудень	701,6			
2007	січень	790,2	2011	січень	696,8			
	лютий	812,8		лютий	693,9			
	березень	781,6		березень	680,3			
	квітень	733,8		квітень	651,8			
	травень	690,3		травень	756,2			
	червень	640,0		червень	727,2			
	липень	611,5		липень	864,1			
	серпень	595,6		серпень	836,9			
	вересень	580,0		вересень	751,3			
	жовтень	553,7		жовтень	676,5			
	листопад	587,0		листопад	658,9			
	грудень	642,3		грудень	604,8			
2008	січень	662,8	2012	січень	591,1			
	лютий	671,1		лютий	597,3			
	березень	639,6		березень	582,5			
	квітень	611,7		квітень	551,2			
	травень	573,0		травень	641,9			
	червень	538,1		червень	729,4			
	липень	518,7		липень	705,0			
	серпень	509,5		серпень	682,0			
	вересень	513,6		вересень	613,7			
	жовтень	530,1		жовтень	591,1			
	листопад	639,9		листопад	549,3			
	грудень	844,9		грудень	525,2			

Ураховуючи те, що використаний у цьому випадку часовий ряд є більшим за попередній (63 значення), прогноз розраховано на довший період (52 місяці) без збільшення помилок при навчанні та тестуванні мережі. Отримані значення подані в табл. 2.

Порівняння рис. 1 і даних табл. 2 показало, що прогнозні значення зареєстрованого безробіття, розраховані двома способами, є дуже схожими. Це – додаткове підтвердження того, що отримані прогнози є достовірними.

Висновки. Результати проведених досліджень дають підстави стверджувати, що в практику роботи керівних органів держави потрібно ширше впроваджувати найновіші системи підтримки прийняття рішень, зокрема, нейромережні технології. Доцільність їх запровадження в науку й практику зумовлена недостовірністю первинної інформації про об'єкти дослідження і меншою ефективністю використання для цієї мети класичних методів і моделей. Виконані в роботі з використанням побудованих штучних нейронних мереж прогнозні розрахунки кількості зареєстрованих безробітних підтверджують тезу про ефективність використання цих мереж у наукових дослідженнях.

Проведена із застосуванням теорії нейронних мереж комп'ютерна імітація залежності кількості зареєстрованих безробітних від незалежних чинників показала, що найбільший коефіцієнт множинної детермінації з указаним ендегенним чинником має такі показники: ВВП, прямі іноземні інвестиції, доходи населення та чисельність населення. На основі отриманих за допомогою побудованої нейронної мережі прогнозів зареєстрованого безробіття в Україні можна зробити висновок, що кількість таких безробітних буде поступово зменшуватися, проте циклічність процесу збережеться.

Ураховуючи невизначений характер інформації про стан ринку праці, при виробленні рішень щодо його управління крім штучних нейронних мереж треба використовувати інші системи штучного інтелекту, зокрема, експертні системи, системи з навчанням та інші. Для дослідження сфери праці разом з класичними економіко-математичними методами та моделями науковцям доцільно застосовувати теорію нечітких множин, генетичних алгоритмів тощо.

1. Приймак В. І. Регіональні ринки праці України: трансформація та механізми регулювання : монографія / В. І. Приймак. – Л. : Видавничий центр Львів. нац. ун-ту ім. І. Франка, 2003. – 264 с.
2. Бандур С. І. Сучасна регіональна соціально-економічна політика держави : теорія, методологія, практика / С. І. Бандур, Т. А. Заяць, І. В. Терон. – К. : РВПС України НАН України, ТОВ "ПРИНТ ЕКСПРЕС", 2002. – 250 с.
3. Приймак В. І. Комплексна оцінка динаміки регіональних ринків праці / В. І. Приймак // Україна: аспекти праці. – 2002. – № 6. – С. 3–7.
4. Близнюк В. Оцінка регіональних ринків праці на основі інтегральних індексів розвинутості / В. Близнюк // Україна: аспекти праці. – 2000. – № 8. – С. 15–21.
5. Долішній М. Про рівномірність економічного розвитку регіонів України / М. Долішній, В. Побурко, В. Карпов // Регіональна економіка. – 2002. – № 2. – С. 7–17.
6. Сявакко М. Математичне моделювання за умов невизначеності / М. Сявакко, О. Рибицька. – Л. : НВФ Українські технології, 2000. – 320 с.
7. Skorupka D. Neural Networks in Risk Management of a Project / D. Skorupka // 2004 AACE International Transaction, (CSC.1.51– CSC.1.57), The Association for the Advancement of Cost Engineering, USA. – Washington, 2004.
8. Голубник О. Нейромережне моделювання трудової міграції населення України / Ольга Голубник // Вісник Львівського національного університету імені Івана Франка. Серія економічна. – 2009. – Вип. 42. – С. 10–18.

Рецензенти:

Михасюк І.Р. – доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри економіки підприємства Львівського національного університету імені Івана Франка, академік АН Вищої школи України;

Борщук Є.М. – доктор економічних наук, професор кафедри управління персоналом та державної служби Львівського регіонального інституту державного управління НАДУ при Президентові України.