

**Буров О.Ю.,**

*доктор технічних наук, старший дослідник,*

*провідний науковий співробітник,*

*Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України*

## **ПОБУДОВА РОБАСТНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ КОГНІТИВНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ОПЕРАТОРСЬКОГО ТИПУ**

**Постановка проблеми.** Концепція навчання протягом життя [1] та невинне зростання частки розумової праці з урахуванням індивідуальних особливостей і здібностей здобувача знань [1], підвищення ефективності навчання із застосуванням мереж [2] із урахуванням їх можливого негативного впливу [3] ставить задачу прогнозування когнітивних можливостей виконавця як у процесі навчання, так і перепідготовки та професійної діяльності [4] під дією чинників різної природи [5]. При цьому значна увага має приділятися точності та надійності прогнозу. З цією метою доцільним можна вважати використання досвіду прогнозування ефективності праці в операторських професіях, оскільки здобувача знань можна розглядати як оператора-дослідника, для якого ІКТ є засобом діяльності та впливу на кінцевий результат – отримані знання та уміння [6].

**Аналіз актуальних досліджень.** Відомо, що серед чинників, які впливають на професійне становлення людини, значну увагу привертають зміни показників розумової діяльності протягом життя та на мікро-вікових інтервалах, насамперед у підлітковому віці [7]. Суттєвий вплив на ефективність навчальної та професійної діяльності має здатність людини адаптуватися до змінних умов навчання та перепідготовки [8], насамперед, в умовах трансформації цифрового навчального середовища [9]. Наявний досвід оцінювання та прогнозування ефективності розумової роботи

операторів, важливою задачею на цьому шляху є побудова робастних моделей прогнозування здатності людини до виконання певного виду професійної діяльності [10], а також можливості навчання в цілому та конкретним професіям [11]. Проте як впливає з аналізу наукових розробок, а також їх практичного застосування, вибір адекватного математичного апарату не завжди є обґрунтованим і не завжди забезпечує високу прогностичну точність [12].

**Мета статті.** Обґрунтувати вибір адекватних класів математичних моделей для задач прогнозування успішності розумової діяльності.

**Методика.** Обчислення складності та абсолютної організації системи за У. Ешбі [12], класифікація організації систем за Ю.Г. Антомоновим [13] та їх складності за С. Біром [14].

#### **Результати дослідження.**

Відомо, що інтерполяція даних для використання в регресійних моделях опису об'єкта і екстраполяція мають суттєві відмінності при застосуванні моделей до людини, а не технічних виробів, тому що люди мають суттєві психофізіологічні, психологічні, освітні та інші відмінності, через що особливого значення набуває питання надійності та стійкості моделей до дії „шуму” – застосування їх до об'єктів, параметри яких суттєво відрізняються від параметрів, що увійшли до навчальної вибірки моделі, за якою будується модель. Внаслідок цього постає питання про оптимальність моделей за критеріями точності прогнозу, надійності та стійкості.

У загальному вигляді синтезовану оптимальну модель когнітивної працездатності можна представити у вигляді цільового функціоналу.

Оскільки матриця емпіричних даних складається, як правило, за результатами пасивного експерименту, для синтезу моделей в подібних випадках, використовують регресійний аналіз. Проте недоліком такого методу є те, що критерій (залежна змінна) є внутрішнім і використовує всю

внутрішню інформацію, внаслідок чого згідно з теоремою Трапезникова, що складнішою є модель, то точніше вона описує реальний процес.

Для технічних систем такий підхід можливо є виправданим і дійсно забезпечує побудову оптимальних моделей. Проте всі живі системи мають досить вузькі діапазони оптимальних значень параметрів існування, що диктується зовнішніми умовами та необхідність швидкої адаптації до них. По відношенню до них більш адекватним є використання ідей Геделя щодо застосування зовнішнього критерію. В цьому випадку забезпечується аналіз розумової працездатності людини як системи, а моделі є оптимальними, оскільки при ускладненні моделі зовнішній критерій проходить через мінімаксне значення, яке визначає єдину модель оптимальної складності.

Наступний аналіз оптимальності моделей полягає у дослідженні впливу кількості предикторів, що включаються до моделі, на точність прогнозу для випадків, коли з навчальної вибірки видалялись дані оператора, прогноз ГПП для якого давав похибку апроксимації, а прогноз будувався за моделлю, побудованою на решті даних, для видаленого оператора: максимальну  $ER_{\max}$ , середню  $ER_{\text{mean}}$  і мінімальну  $ER_{\min}$ . Для кожного варіанта обчислюються точність апроксимації та прогнозу.

Перевірка методики на реальних даних [10] дозволила зробити такі висновки: 1) помилка апроксимації суттєво не відрізняється для всіх трьох варіантів, 2) найбільш чутливим до кількості предикторів в моделі виявився варіант з видаленням з навчальної вибірки „середнього” оператора  $ER_{\text{mean}}$ , 3) існує певний „оптимум” кількості предикторів, які включаються до моделі, що дозволяє на практиці зменшувати обсяг обстеження претендентів на операторську посаду із збереженням достатньо високої точності прогнозу, 4) гістограма частот похибок по інтервалах (за формулою Старджеса) вказує на нерівномірність розподілу та необхідність ввести зважену міру похибки зазначених трьох випадків, 5)

оптимальним варіантом моделей прогнозу професійної придатності операторів виявились моделі, що включають 4-6 або 10-11 предикторів, б) використання методики в ІКТ професійного відбору операторів і подальшої їх перепідготовки забезпечила точність прогнозу 90%, що суттєво перевищує наявні в публікаціях дані (теоретичним максимумом точності вважається 70-80%).

**Висновки.** Для побудови прогностичних моделей ефективності когнітивної діяльності рекомендується використовувати множинні регресійні моделі, що включають обмежену кількість предикторів замість використання всіх психологічних та медичних показників, які вимірюються на етапі професійного відбору при традиційних підходах.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Burov O. Life-Long Learning: Individual Abilities versus Environment and Means / O. Burov // Proc. 12th Int. Conf. ICTERI 2016, Kyiv, Ukraine, June 21-24, 2016, CEUR-WS.org. [online] Access: <http://ceur-Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. - 2016. - Vol-1614. - P. 608-619>.

2. Литвинова С. Г. Формування On-line навчального середовища в загальноосвітніх навчальних закладах / С. Г. Литвинова // Комп'ютер у школі та сім'ї. – 2010. – № 8. – С. 25–27.

3. Burov O.Y. Educational networking: human view to cyber defense / O. Y. Burov // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2016. – №. 52, вип. 2. – С. 144-156.

4. Буров А. Ю. Психофизиологическое обеспечение труда операторов / А. Ю. Буров // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 1999. – №. 6. – С. 32-34.

5. Veltman H., Wilson G., Burov O. Cognitive load / H. Veltman, G. Wilson, O. Burov // NATO Science Series RTO-TR-HFM-104.– Brussels. – 2004. – Pp. 97-112.

6. Мигаль Г. В., Выходец Ю. С. Ергономічний підхід до організації навчання та підвищення його ефективності / Г. В. Мигаль, Ю. С. Выходец // Радіоелектронні і комп'ютерні системи.- 2016.- № 2 (76).- С. 70–79.

7. Буров О.Ю. Динаміка розвитку інтелектуальних здібностей обдарованої особистості у підлітковому віці / О. Ю. Буров, В. В. Рибалка, Н. Д. Вінник, В. В. Русова, М. А. Перцев, І. О. Плаксенкова, М. О. Кудрявченко, А. Б. Сагалакова, Ю. М. Черняк; За ред. О. Ю. Булова. – К. : Тов «Інформаційні системи», 2012. – 258 с.

8. Lavrov E., Barchenko N., Pasko N., and Tolbatov A. Development of adaptation technologies to man-operator in distributed E-learning systems / E. Lavrov, N. Barchenko, N. Pasko, A Tolbatov // Proceedings of 2nd International Conference on Advanced Information and Communication Technologies-2017 (AICT-2017).- 2017.- pp. 88–91.

9. Pinchuk, O. P., Sokolyuk, O., Burov, O. Y., & Shyshkina, M. P. Digital transformation of learning environment: aspect of cognitive activity of students / O.P. Pinchuk, O.M. Sokolyuk, O.Y. Burov, M.P. Shyshkina // Proceedings of the 6th Workshop on Cloud Technologies in Education (CTE 2018), Kryvyi Rih, Ukraine, December 21, 2018 (2019.- No. 2433.- pp. 90-101. CEUR Workshop Proceedings.

10. Буров О. Ю. Ергономічні основи розробки систем прогнозування працездатності людини-оператора на основі психофізіологічних моделей діяльності: автореф. дис... д-ра техн. наук / О. Ю. Буров; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х., 2007. – 40 с.

11. Spirin Oleg; Burov O. Models and applied tools for prediction of student ability to effective learning / O. Spirin, O. Burov // 14th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications.

Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. CEUR-WS, 2018. p. 404-411.

12. Rousseeuw, Peter J.; Hubert, Mia. Robust statistics for outlier detection / Peter J. Rousseeuw, Mia Hubert // Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery. 2011. -1 (1): 73–79.