

Г. Ильяшева<sup>1</sup>, Н. Карелхан<sup>2</sup>  
Д. Мухарский<sup>3</sup>, А. Ралко<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Кокшетауский государственный университет имени Ш.Уалиханова, Кокшетау, Казахстан

<sup>2</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

(E-mail: gulzhamal.ilyasheva@gmail.com, knursaule@mail.ru,

amiddd@rambler.ru, andrey.ralko2017@yandex.ru)

## Применение задач сетевого планирования в образовательной деятельности вуза

**Аннотация.** В настоящее время во многих сферах деятельности все большую популярность получают сетевые методы планирования различных процессов и управления производством. В образовательной деятельности человеческий ресурс в лице преподавателей является основным, от эффективного использования которого в значительной степени зависит качество обучения. В данной статье показан пример использования в образовательной деятельности одной из задач сетевого планирования, а именно, задачи о назначении. Разработано программное приложение, которое позволит автоматически формировать списки наиболее квалифицированных преподавателей для каждой элективной дисциплины. Результат использования приложения – это распределение элективных дисциплин по преподавателям, имеющим высокий рейтинг в данных дисциплинах. В статье приведен образец использования данного приложения на примере распределения элективных дисциплин специальности «Информатика» в Кокшетауском государственном университете имени Ш.Уалиханова.

**Ключевые слова:** качество обучения, кредитная система, задача о назначении, алгоритм, сложность.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6895-2020-133-4-84-91>

Поступила: 18.03.2020 / Доработана: 01.04.20 / Допущена к опубликованию: 14.04.2020

**Введение.** В 2004 году, согласно утвержденной Государственной программе развития образования в Республике Казахстан на 2005-2010 гг., в вузах Казахстана было начато внедрение кредитной технологии. Процесс внедрения все еще продолжается, зачастую методом проб и ошибок. В статье «Кредитная система в США и Казахстане» [1] автор довольно подробно описал проблемы кредитной системы Казахстана. И, несмотря на довольно большой срок со дня опубликования статьи, 2011 год, некоторые проблемы все же остаются еще нерешенными.

Одной из таких проблем является проблема, когда при распределении кафедральной нагрузки какая-либо элективная дисциплина

может попасть преподавателю, возможно, не очень квалифицированному в соответствующей области. Причиной данного обстоятельства частично могут быть нехватка кадров и жесткое закрепление дисциплины за определенной кафедрой. Таким образом, исключается возможность распределения этой дисциплины преподавателю другой кафедры, возможно, более квалифицированному в области, соответствующей распределяемой дисциплине. Такое ограничение будет способствовать снижению качества обучения.

Под качеством обучения подразумеваем:

- соответствие содержания какой-либо дисциплины содержанию подобных курсов ведущих мировых вузов;

- востребованность компетенций, полученных на этой дисциплине, на рынке труда;

- качество преподавания дисциплины, которое может найти отражение в заинтересованности студентов ее изучать, в публикациях студентов, участии в различных научных конкурсах, олимпиадах и т.д.

Чтобы качество обучения отвечало вышеназванным признакам, необходимо исключить субъективизм при оценке знаний студентов со стороны преподавателя и при оценивании качества преподавания со стороны студента.

Этого можно достичь, если:

- во-первых, количество положительных оценок по дисциплине в группе будет строго ограничено: например, «отлично» (А, А-) должны получить только 20% обучающихся, «хорошо» - 35-40 % и т.д. Границы положительных оценок приведены примерно, однако очень важно, чтобы это ограничение выполнялось в рамках всего вуза всеми преподавателями неукоснительно. Тогда у преподавателя не будет возможности незаслуженно поставить положительную оценку, в противном случае возникнет ситуация, требующая разбирательств;

- во-вторых, выбираемый студентом курс должен быть ему интересен и, возможно, востребован в выбранной профессии. Эта дисциплина должна вестись более квалифицированным преподавателем, имеющим большой опыт работы и исследования в соответствующей области. И тогда оценка качества преподавания курса студентом будет более объективной.

Уровень соответствия преподавателя той или иной дисциплине можно оценить через такие характеристики, как опыт преподавания, острепенность, количество публикаций, проектов в соответствующей области, оценка студентов, прошедших данный курс и т.д. Частично такие данные должны заполняться самим преподавателем, т.е. преподаватель может выбрать одну или несколько дисциплин и заполнить необходимые формы. И тогда один и тот же преподаватель может иметь разные рейтинги по разным дисциплинам.

Для проверки и апробации вышеназванных предложений нами построена матема-

тическая модель и создана программа. На основе данных о рейтинге преподавателей программа автоматически снабжает каждую дисциплину списком необходимого количества преподавателей. Например, для ведения дисциплины «Базы данных», исходя из контингента студентов, требуется 3 преподавателя. А количество преподавателей, желающих вести данную дисциплину, равно 5-и. Программа, оценив рейтинги всех пяти преподавателей, выберет трех преподавателей, имеющих наиболее высокий рейтинг.

В качестве математического аппарата используется задача о назначении на узкие места [2], для решения которой используется венгерский алгоритм, также известный как алгоритм Куна-Манкреса.

В настоящее время алгоритм Куна-Манкреса применяется в различных сферах. В статье «Усовершенствованный алгоритм Куна-Манкреса для улучшения вычислительной производительности» предлагается расширенный алгоритм Куна-Манкреса для параллельного повышения вычислительной производительности [3]. В статье «Быстрая блочная распределенная CUDA реализация венгерского алгоритма» показано, как венгерский алгоритм решает задачу линейного присваивания за полиномиальное время. Предлагается реализация этого алгоритма на GPU/CUDA. В этой реализации фаза поиска альтернативного пути алгоритма распределяется по нескольким блокам таким образом, чтобы минимизировать глобальную синхронизацию устройства [4].

В статье «Гибридная метаэвристика SCA – VNS, основанная на итерированном венгерском алгоритме для задачи планирования врачей и медицинского персонала в амбулаторном отделении крупных больниц с несколькими отделениями» исследуется проблема планирования работы врачей и медицинского персонала в амбулаторном отделении крупных больниц с многоотраслевым отделением. В большой больнице есть несколько филиалов, и в каждом филиале есть собственный медицинский персонал, а врачи должны обслуживать все отделения, связан-

ные с больницей. Чтобы повысить эффективность работы врачей, каждый врач должен быть оснащен медицинским персоналом в рабочее время [5].

Методы исследования. В алгоритме Куна-Манкреса постановка задачи может быть представлена следующим образом. Имеются:

- целочисленный двумерный массив  $R(m \times n)$ , отражающий рейтинг  $j$ -го преподавателя ( $j=1..n$ ) по  $i$ -й дисциплине ( $i=1..m$ ),  $R_{ij} \geq 0$ ,  $m$  – количество дисциплин,  $n$  – количество преподавателей. Если  $j$ -й преподаватель не имеет отношения к  $i$ -й дисциплине, то его рейтинг по этой дисциплине будет равен нулю. Если преподаватель желает и может вести дисциплину, то его рейтинг по этой дисциплине складывается из множества баллов, определяемых в результате специального анкетирования и в этом случае  $R_{ij} > 0$ . Рейтинг преподавателя  $R_{ij}$  по предмету представляет собой суммарную оценку результатов анонимного анкетирования студентов, результатов научных трудов преподавателя в соответствующей области и других данных, оказывающих влияние на соответствие преподавателя дисциплине;

- целочисленный массив  $P=(P_1, P_2, \dots, P_n)$ , характеризующий количество дисциплин, которые должен вести  $j$ -й преподаватель ( $j=1..n$ ),  $P_j \geq 0$ ;

- целочисленный массив  $S=(S_1, S_2, \dots, S_m)$ , характеризующий количество планируемых преподавателей для ведения  $i$ -й дисциплины ( $i=1..m$ ), где каждое значение  $S_i \geq 0$  и зависит от контингента студентов, желающих пройти  $i$ -ю дисциплину.

В нашем случае в качестве примера рассмотрим формирование списков для девяти элективных дисциплин кафедры информатики Кокшетауского государственного университета им. Ш. Уалиханова. Исходные данные представляют собой таблицу в виде Excel-файла (рисунок 1). Из таблицы следует, что  $m=9$  (количество дисциплин),  $n=8$  (количество преподавателей). Диапазон элементов B2:I10 соответствует массиву  $R(9 \times 8)$ , диапазон J2:J10 – массиву  $S(9)$ , а B10:I10 – массиву  $P(8)$ .

Например:

- для ведения дисциплины «Компьютерная графика» требуется три преподавателя (содержимое ячейки J8 равно 3,  $S[7]=3$ ), однако на ее ведение претендуют восемь преподавателей (те, чьи рейтинги по этой дисциплине не равны нулю): Аубакирова, Анохина, Атаев, Жак, Ильяшева, Касенова, Карымсаков, Мухарский;

- преподавателю Жак надо распределить только 2 дисциплины, поэтому содержимое ячейки E12 равно двум ( $P[4]=2$ ).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Дисциплины\Преподаватели	Аубакирова	Анохина	Атаев	Жак	Ильяшева	Касенова	Карымсаков	Мухарский	МАХ (кол-во препод.)	
2	ICT	4	10	10	10	3	10	10	10	4	
3	PHP	0	7	6	10	0	0	8	9	1	
4	C++	8	6	9	9	4	3	2	10	2	
5	Delphi	8	6	8	9	5	8	5	6	2	
6	WEB-дизайн	0	8	9	6	3	4	2	6	2	
7	Базы данных	0	10	5	10	5	3	3	10	1	
8	Компьютерная графика	10	7	10	4	1	3	10	10	3	
9	Численные методы	10	3	0	0	10	0	0	6	1	
10	Исследование операций	9	2	0	0	10	0	0	7	1	
11	МАХ (кол-во дисциплин)	2	3	2	2	2	2	2	2	17	
12	среднее значение рейтинга	5,44	6,56	6,33	6,44	4,56	3,44	4,44	8,22		
13											
14											

Рисунок 1. Исходные данные

Требуется распределить все  $m$  дисциплин по  $n$  преподавателям, при этом дисциплину получает в первую очередь преподаватель, имеющий более высокий рейтинг по соответствующей дисциплине.

Введём дополнительную матрицу  $X(m \times n)$  со следующими свойствами:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, \text{если } j\text{-й преподаватель может вести } i\text{-ю} \\ \text{дисциплину;} \\ 0, \text{если } j\text{-й преподаватель не имеет отношения к} \\ i\text{-й дисциплине} \end{cases}$$

и дополнительными условиями:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \leq S_j, j = 1..n, \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq P_i, i = 1..m, \quad (2)$$

Условие (1) отражает точное количество дисциплин, которые будут распределены  $j$ -му преподавателю; условие (2) отражает обеспеченность  $i$ -й дисциплины планируемыми количеством преподавателей.

Введение дополнительной матрицы  $X$  обеспечит соблюдение условий (1) и (2). Таким образом, с учётом матрицы  $X$  решение задачи можно сформулировать следующим образом.

Среди множества возможных матриц  $X$  найти такую, которая будет максимизировать сумму:

$$L = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} R_{ij} \rightarrow \max \quad (3)$$

при выполнении условий (1), (2).

Для преобразования нашей задачи в классическую задачу о назначении введем обязательное условие:

$$m = n = K, \quad (4)$$

где  $K = \max(m, n)$ .

На практике в большинстве случаев  $m > n$  (количество дисциплин больше количества преподавателей), поэтому, дополнив матрицу  $X$  нулевыми столбцами, увеличим  $n$  до  $m$ . В противном случае, т.е. при  $m < n$  придется добавить нулевые строки.

Алгоритм при любой размерности квадратной матрицы имеет сложность  $O(K^3)$  [6]. В нашем случае цикл будет выполняться  $\max(S_j)$  раз и если обозначить  $\max(S_j) = w$ , то сложность алгоритма будет равна  $O(wK_3)$ . Так как при оценке алгоритма постоянный множитель не учитывается, то окончательно сложность нашего алгоритма составит  $O(K_3)$ .

После каждой итерации цикла выбранные алгоритмом значения  $R_{ij}$  обнуляются, а соответствующие значения  $S_i, P_j$  уменьшаются на единицу и при этом по  $i$ -й дисциплине начнет формироваться рейтинговый список, где

	A	B	C	D	E	F	G	H
	Дисциплины\Рейтинг	1	2	3	4	5	Итого (кол-во препод.)	
1								
2	ICT	Анохина	Жак	Карымсаков	Касенова		4	
3	PHP	Жак					1	
4	C++	Мухарский	Ильяшева				2	
5	Delphi	Аубакирова	Касенова				2	
6	WEB-дизайн	Атаев	Анохина				2	
7	Базы данных	Анохина					1	
8	Компьютерная графика	Мухарский	Атаев	Карымсаков			3	
9	Численные методы	Аубакирова					1	
10	Исследование операций	Ильяшева					1	
11								
12								

Рисунок 2. Результат программы - распределение

на соответствующем месте появится  $j$ -й преподаватель. Решение задачи остановится, когда массив  $S$  обнулится.

Итогом выполнения программы будет являться таблица, приведенная на рисунке 2. В результате дисциплина C++ распределена двум преподавателям из восьми, при этом первый преподаватель из списка имеет более высокий рейтинг по этой дисциплине, чем следующий за ним.

В тех случаях, когда выбранные программой преподаватели будут иметь одинаковый рейтинг (например, по дисциплине «Компьютерная графика» все три выбранных преподавателя имеют рейтинг, равный 10), список преподавателей сформируется таким образом, что на первом месте окажется преподаватель, имеющий более высокое среднее значение общего рейтинга по всем дисциплинам. Так по дисциплине «Компьютерная графика» на первом месте оказался Мухарский (средний рейтинг – 8,22; смотреть рисунок 1), на втором месте – Атаев (6,33) и Карымсаков (4,44).

**Заключение.** Применение созданной программы обеспечит связь между процессом выбора студентом преподавателя по той или иной дисциплине и качеством преподавания. Если описать роль созданной программы в учебном процессе в терминах теории автоматического управления, то она выступает в качестве регулятора системы:

где

- объект - учебный процесс;
- регулятор – созданное приложение, в результате применения которого каждая дисциплина автоматически снабжается списком наиболее квалифицированных преподавателей в соответствующей области;
- $U$  – управляющее воздействие в виде рабочего учебного плана (РУП) – список дисциплин;
- $X_1$  – входной сигнал в виде объективного оценивания знаний студентов – преподаватель должен соблюдать принцип ограниченности положительных оценок;
- $X_2$  – входной сигнал в виде выбора студентом преподавателя для какой-либо дисциплины: студент выбирает преподавателя из списка, сформированного программой;
- $Y$  – качество обучения, которое измеряется результатами опроса работодателей, процентом трудоустройства, анкетированием студентов и др. и способствует численному формированию матрицы рейтингов преподавателей по каждой дисциплине.

Для того чтобы данная программа была результативной, очень важно уделить достаточно времени формированию чисел из матрицы  $R(m,n)$  (диапазон B2:I10, рисунок 1), отражающих рейтинги преподавателей по дисциплинам. Методика формирования этих рейтингов представляет собой отдельную нелегкую и ответственную задачу, которая заключается в составлении и обработке анкет (отзывов) студентов, выпускников, работодателей и самого

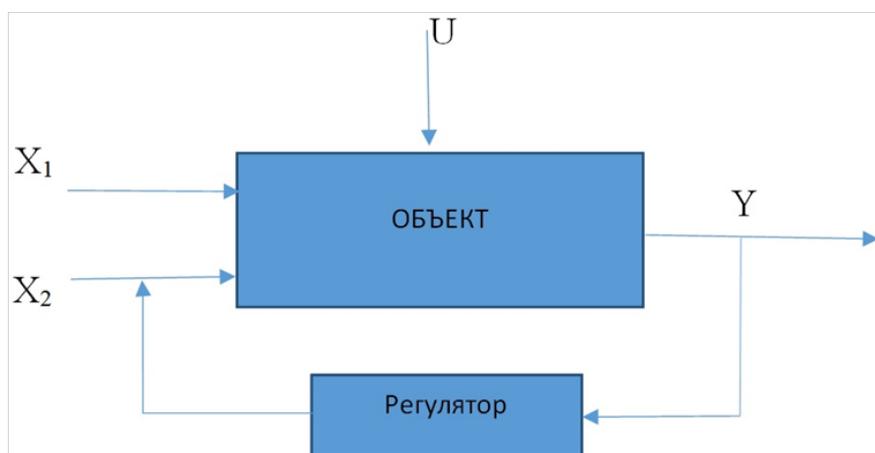


Рисунок 3. Учебный процесс как система

преподавателя, желающего вести эту дисциплину. Суммарное значение результатов обработки этих данных (анкет, отзывов) и может быть взято за рейтинг преподавателя по этой дисциплине. В случае, если преподаватель не имеет отношения к какой-либо дисциплине или не желает ее вести, рейтинг будет равен нулю. Ответ на каждый вопрос анкеты должен выражаться численным значением из опреде-

ленного диапазона, при этом диапазоны чисел для каждого вопроса могут быть различными.

Таким образом, использование созданного приложения будет способствовать тому, что студент будет выбирать преподавателей из наиболее квалифицированных кадров, что несомненно приведет к действенному и объективному повышению качества обучения.

### Список литературы

1. Сабитов Ж. Кредитная система в США и Казахстане. // Наука и образование Казахстана. - 2011. - №3. - С.34-37
2. Филлипс Д., Гарсия-Диас А. Методы анализа сетей. Пер. с англ. - М. Мир, 1984. - 496 с.
3. Nivethitha S.U., Shanthi P. An enhanced Kuhn Munkres algorithm for improving computational performance. // International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET), Volume 6. -2018. - URL: [www.ijraset.com](http://www.ijraset.com) (дата обращения: 15.06.2020).
4. Lopes P.A., Yadav S.S., Ilic A., Patra S.K. Fast block distributed CUDA implementation of the Hungarian algorithm Journal of Parallel and Distributed Computing.// Volume 130. -2019. -P.50-62. - URL: <https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2019.03>. (дата обращения: 20.06.2020).
5. Lan S., Fanab W., Liuc T., Yangab S. A hybrid SCA-VNS meta-heuristic based on Iterated Hungarian algorithm for physicians and medical staff scheduling problem in outpatient department of large hospitals with multiple branches.//Applied Soft Computing, Volume 85. -2019. - URL: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2019.105813> (дата обращения: 20.06.2020).
6. Вирт Н. Алгоритмы и структуры данных. Пер. с англ. 2-е изд., испр. -СПб.: Невский диалект, 2001. - 352 с.

### References

1. Sabitov Zh. Kreditnaya sistema v SSHA i Kazahstane [Credit system in the USA and Kazakhstan], Nauka i obrazovanie Kazahstana [Science and education of Kazakhstan]. - №3. -2011. -P.34-37 [in Russian]
2. Fillips D., Garsia-Dias A. Metody analiza setej [Methods of network analysis]. Trans.from English, -M. Mir.-1984. -496 p. [in Russian]
3. Nivethitha S.U., Shanthi P. An enhanced Kuhn Munkres algorithm for improving computational performance. // International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET), Volume 6. -2018. Available at: [www.ijraset.com](http://www.ijraset.com) (Accessed: 15.06.2020)
4. Lopes P.A., Yadav S.S., Ilic A., Patra S.K. Fast block distributed CUDA implementation of the Hungarian algorithm Journal of Parallel and Distributed Computing.// Volume 130. -2019. -P.50-62. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jpdc.2019.03>. (Accessed: 20.06.2020)
5. Lan S., Fanab W., Liuc T., Yangab S. A hybrid SCA-VNS meta-heuristic based on Iterated Hungarian algorithm for physicians and medical staff scheduling problem in outpatient department of large hospitals with multiple branches.//Applied Soft Computing, Volume 85. -2019. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2019.105813> (Accessed: 20.06.2020)
6. Virt N. Algoritmy i struktury dannyh [Algorithms and data structures].Trans.from English. ISPR. SPb.: Nevskij dialekt [Nevsky dialect]. -2001 g. - 352 s. [in Russian]

Г. Ильяшева<sup>1</sup>, Н. Карелхан<sup>2</sup>, Д. Мухарский<sup>3</sup>, А. Ралко<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Ш.Уалиханов атындағы Көкшетау университеті, Көкшетау, Қазақстан

<sup>2</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

### Жоғары оқу орындарының білім беру қызметіне желілік жоспарлау есептерін қолдану

**Аңдатпа.** Қазіргі уақытта көптеген қызмет салаларында әртүрлі процестерді жоспарлау мен өндірісті басқарудың желілік әдістері үлкен танымалдыққа ие. Білім беру қызметіндегі оқытушылар адами ресурс ретіндегі негіз болып табылады, оны тиімді пайдалану оқыту сапасына айтарлықтай тәуелді. Мақала білім беруде оқыту сапасын жақсартудың мүмкін жолдарының бірі ретінде, арнайы бағдарламалық қосымшаның қызметін қолдануға негізделген. Бұл қосымша-автоматты түрде әр элективті пән үшін оқытушылардың тізімін құрастырады. Бағдарламаның алгоритмі тағайындау есебі деп аталатын математикалық аппаратқа негізделген. Сонымен қатар, келтірілген мақалада осы бағдарламаны қолдану оқытудың тиімділігін арттыруға ықпал ететін жағдайлар туралы айтылады. Қосымшаларды қолдану нәтижесінде - элективті пәндерді жоғары рейтингісі бар оқытушыларға үлестіріледі. Мақалада келтірілген қосымшаны Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау мемлекеттік университеті «Информатика» мамандығының элективті пәндерін үлестіру үлгісі келтірілген.

**Түйін сөздер:** білім сапасы, кредиттік жүйе, тағайындау есебі, алгоритм, күрделілік.

G. Ilyasheva<sup>1</sup>, N. Karelkhan<sup>2</sup>, D. Mukharsky<sup>3</sup>, A. Ralko<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Sh. Ualikhanov Kokshetau State University, Kokshetau, Kazakhstan

<sup>2</sup>L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

### Applying network planning tasks to the educational activities of higher education institutions

**Abstract.** Network methods for planning various processes and managing production are now becoming increasingly popular in many areas of activity. In educational activities, the human resource of teachers is the main asset, on whose effective use the quality of learning depends to a large extent.

This article shows an example of the use of one of the network planning tasks in educational activities, namely the assignment task. A software application has been developed that will automatically generate lists of the most qualified teachers for each elective discipline. The result of using the application is the distribution of elective disciplines among teachers with a high rating in these disciplines. The article provides an example of the use of this application on the example of the distribution of elective disciplines of Computer Science at Sh.Ualikhanov Kokshetau State University.

**Keywords:** quality of education, credit system, assignment problem, algorithm, complexity.

#### Сведения об авторах:

**Ильяшева Г.И.** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры информатики и методики преподавания, Кокшетауский государственный университет имени Ш.Уалиханова, ул. Абая,76, Кокшетау, Казахстан.

**Карелхан Н.** – автор для корреспонденции, PhD, доцент кафедры информатики ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, ул. Пушкина, 11, Нур-Султан, Казахстан.

**Мухарский Д.** – магистр естественных наук, старший преподаватель кафедры информатики и методики преподавания, Кокшетауский государственный университет имени Ш.Уалиханова, ул. Абая,76, Кокшетау, Казахстан.

**Ралко А.** – магистрант специальности «6М060200 – Информатика», Кокшетауский государственный университет имени Ш.Уалиханова, ул. Абая,76, Кокшетау, Казахстан.

*Ilyasheva G.I.* – Candidate of Physico-Mathematical Sciences, Associate Professor of Computer Science and Teaching Methodology Department at Sh. Ualikhanov Kokshetau State University, Abay st. 76, building No. 1, Kokshetau, Kazakhstan.

*Karelkhan N.* – **Corresponding author**, Ph.D., Associate Professor of Computer Science and Teaching Methodology Department at L.N.Gumilyov Eurasian National University, Str. Pushkin, 11, Nur-Sultan, Kazakhstan.

*Mukharsky D.* – Master of Science, Senior Lecturer of Computer Science and Teaching Methodology Department at Sh. Ualikhanov Kokshetau State University, Abay st. 76, building No. 1, Kokshetau, Kazakhstan.

*Ralko A.* – Master student in Computer Science at Sh. Ualikhanov Kokshetau State University, Abay st. 76, building No. 1, Kokshetau, Kazakhstan.