ISSN 2708-2032
e-ISSN 2708-2040

INTERNATIONAL
UNIVERSITY

# INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION & COMMUNICATION TECHNOLOGIES

Volume 2, Issue 4
March 2021

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ХАЛЫҚАРАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ
МЕЖДУНАРОДНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
INTERNATIONAL UNIVERSITY

# INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES

# МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ИНФОРМАЦИОННЫХ И КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

# ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖУРНАЛЫ

Том 2, Выпуск 8
December 2021

Главный редактор – Ректор АО МУИТ,
к.ф.-м.н.
**Хикметов А.К.**

Заместитель главного редактора –
Проректор по НиМД, PhD, ассоц. профессор
**Дайнеко Е.А.**

Отв. секретарь – Директор департамента по науке, к.т.н., ассоц.профессор
**Ипалакова М.Т.**

**ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:**

**Отельбаев М.О., д.ф.-м.н., профессор, АО «МУИТ», Рысбайулы Б., д.ф.-м.н., профессор, АО «МУИТ», Синчев Б.К., д.т.н., профессор, АО «МУИТ», Дузбаев Н.Т., PhD, проректор по ЦиИ, АО «МУИТ», Сейлова Н.А., к.т.н., декан ФКТК, АО «МУИТ», Мухамедиева А.Г., к.э.н., декан ФЦТ, АО «МУИТ», Ыдырыс А., PhD, заведующий кафедрой «МКМ», АО «МУИТ», Саксенбаева Ж.С., к.т.н., заведующий кафедрой «ИС», АО «МУИТ», Шильдибеков Е.Ж., PhD, заведующий кафедрой «ЭиБ», АО «МУИТ», Аманжолова С.Т., к.т.н., заведующий кафедрой «КБ», АО «МУИТ», Ниязгулова А.А., к.ф.н., заведующий кафедрой «МиИК», АО «МУИТ», Айтмагамбетов А.З., к.т.н., профессор, АО «МУИТ», Джоламанова Б.Д., ассоциированный профессор, АО «МУИТ», Разак А., PhD, профессор, АО «МУИТ», Алмисреб А.А., PhD, ассоциированный профессор, АО «МУИТ», Мохамед А.Н., PhD, ассоциированный профессор, АО «МУИТ», Prof. Young Im Cho, PhD, Gachon University (South Korea), Prof. Michele Pagano, PhD, University of Pisa (Italy), Tadeusz Wallas, PhD, D.Litt., Adam Mickiewicz University in Poznań (Poland), Тихвинский В.О., д.э.н., профессор, МТУСИ (Россия), Масалович А., к.ф.-м.н., Президент Консорциума Инфорус (Россия), Lucio Tommaso De Paolis, Research Director of the Augmented and Virtual Laboratory (AVR Lab), Department of Engineering for Innovation, University of Salento (Italy), Prof. Liz Bacon, Deputy Principal and Deputy Vice-Chancellor, Abertay University (Great Britain).**

Издание зарегистрировано Министерством информации и общественного развития Республики Казахстан. Свидетельство о постановке на учет No KZ82VPY00020475 от 20.02.2020 г.

Журнал зарегистрирован в Международном центре по регистрации сериальных изданий ISSN (ЮНЕСКО, г. Париж, Франция)

Выходит 4 раза в год.

УЧРЕДИТЕЛЬ:
АО «Международный университет информационных технологий»

ISSN2708-2032 (print)
ISSN2708-2040 (online)

# СОДЕРЖАНИЕ

## CONTENTS

## МАЗМҰНЫ

### АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ЖЕЛІЛЕР, КИБЕРҚАУІПСІЗДІК



### ЭКОНОМИКАДАҒЫ ЖӘНЕ МЕНЕДЖМЕНТТЕГІ ЦИФРЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР



### ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ЖҮЙЕЛЕР



### МАТЕМАТИКАЛЫҚ ЖӘНЕ КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛЬДЕУ

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES
ISSN 2708–2032 (print)
ISSN 2708–2040 (online)
Vol. 2. Is. 4. Number 08 (2021). Pp.75–79
Journal homepage: https://journal.iitu.edu.kz
https://doi.org/10.54309/IJICT.2021.08.4.010
УДК 615.035.4)

**Синчев Б.**
Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан

## О ПОЛИНОМИАЛЬНОЙ РАЗРЕШИМОСТИ КЛАССА NP-COMPLETE

**Аннотация.** В множестве четных и нечетных неотрицательных целых чисел $X^n$ мощности n найти подмножество $X^k \subseteq X^n$ мощности $K=[X^k]$, сумма элементов которого равна сертификату S. Поставленная задача относится к классу NP-complete. Доказаны леммы о полиномиальной разрешимости задачи о сумме подмножеств $X^k$ с мощностью k, удовлетворяющей условиям $n \geq 3, k(n) \geq 3 \ \vee \ n > 3, k(n) \leq n < k^2(n) - k(n)$ и найдено фиксированное значение мощности k из выше приведенного интервала. Предлагаемый полиномиальный метод решения задачи о сумме подмножеств обеспечивает решение других проблем класса NP-complete с помощью сводящих функций и справедливость равенства классов $P = NP$ на базе известной теоремы: если некоторая NP-полная задача разрешима за полиномиальное время, то P = NP.

**Ключевые слова:** класс NP-complete, полиномиальная разрешимость, задача о сумме подмножеств

### Введение

Любая задача из класса NP может быть решена полным перебором. При этом, даже если вычисление целевой функции от каждого конкретного возможного решения задачи может быть осуществлено за полиномиальное время, в зависимости от количества всех возможных решений полный перебор может потребовать экспоненциального времени работы. В теории алгоритмов известны несколько широко применимых общих концепций. Метод полного перебора является одной из них. Детальный обзор последних работ [1,2] о псевдополиномиальных и экспоненциальных методах показывает, что важная задача о сумме подмножеств в теории сложности алгоритмов относится к основной из трудных проблем класса NP-complete. В работах [3,4] предложены полиномиальные алгоритмы решения задачи о сумме подмножеств. Однако в задаче перебора и задаче о сумме подмножеств очень много нерешенных проблем. К этим проблемам можно отнести:

- существование мощности $k$ подмножества $X^k \subseteq X^n$;
- нахождение нижней и верхней границы мощности $k$;
- определение фиксированного значения мощности $k$;
- взаимосвязь между $n$ и $k$;
- определение минимального значения мощности подмножества, получаемого при расщеплении исходного множества $X^n$ на подмножества.

### Постановка задачи

Задача о сумме подмножеств формулируется в виде:

$$\sum_{i=1}^{n} \alpha_i x_i = S, \alpha_i \in \{0,1\}, x_i \in X^n, \ \ i \in N, \qquad (1)$$

где $X^n$ – множество целых четных и нечетных неотрицательных чисел, мощность n – $[X^k]$, $x_i < +\infty$, $N$-множество натуральных чисел с мощностью $n = |N|, n < +\infty$. Предполагается, что $S - x_i > 0, x_i \in X^n, \ i \in N$.

Параметризованной формой задачи (1) будем называть следующую задачу:

$$\sum_{i=1}^{k} \alpha_i x_i = S, \alpha_i \in \{0,1\}, x_i \in X^n, \alpha_i = 1, i \in K, \alpha_i = 0, i \in N \setminus K. \qquad (2)$$

где $X^k \subseteq X^n$, $k = |X^k|$, $k \leq n$, $K \subseteq N$, $k = |K|$, $K$ – подмножество индексов всех выбранных переменных $x_i \in X^n$, N\K-подмножество индексов всех остальных (невыбранных) переменных $x_i \in X^n$ подзадачи (2). Отметим, что задача (1) является частным случаем задачи (2), когда подмножество $K = \emptyset$.

### Полиномиальный разрешимость NP-complete

Известно много разных обобщений классической проблемы Варинга[5] для полиномов. Мы будем подразумевать под проблемой Варинга для полиномов следующую задачу: для данного натурального числа $n$ найти минимальное число $k$=$k$($n$), для которого любой полином $g \in C[x]$ может быть представлен в виде $g = f_1^n + f_2^n + \cdots + f_k^n$, где $f_i^n \in C[x]$. При решении проблемы Варинга достаточно ограничиться случаем $g(x) = x$. Действительно, если $x = f_1^n(x) + f_2^n(x) + \cdots + f_k^n(x)$ и $h(x)$-произвольный полином, то $h(x)$= $f_1^n\big(h(x)\big) + f_2^n\big(h(x)\big) + \cdots + f_k^n\big(h(x)\big)$. Тождество $\left(x + \frac{1}{4}\right)^2 - \left(x - \frac{1}{4}\right)^2 = x$ показывает, что $k$(2)=2.

**Лемма1.** Если множество $X^n$ с заданной мощностью $n,$ то существует некоторый сертификат, представимый в виде $\tilde{S} = x_1 + x_2 + \cdots + x_k$ с элементами из подмножества $X^k$ мощности $k$ ( $X^k \subseteq X^n$), удовлетворяющей неравенствам:

$$n \geq 3,\ k(n) \geq 3\ \vee n > 3,\ k(n) \leq n < k^2(n) - k(n). \qquad (3)$$

Доказательство. Представим эквивалентную задаче(1) полиномиальную постановку задачи о сумме подмножеств: необходимо найти подмножество $X^k \subseteq X^n$ с сертификатом $S = \sum_{i=1}^{k} x_i$, равным второму коэффициенту $a_1$ полинома

$$a^k(x) = x^k - Sx^{k-1} + a_2 x^{k-2} + \cdots + a_k, \qquad (4)$$

удовлетворяющего следующим соотношениям:

$$a^k(x) b^{n-k}(x) = c^n(x), \qquad (5)$$

где известный полином $c^n(x)$ степени $n$ с заданными коэффициентами,

$$c^n(x) = x^n - Qx^{n-1} + c_2 x^{n-2} + \cdots + c_n,\ Q = \textstyle\sum_{i=1}^{n} x_i. \qquad (6)$$

Коэффициенты полинома(6) находятся основе теоремы Виета, корнями которого являются элементы $x_i \in X^n$. Полином $b^{n-k}(x)$ находится на основе соотношения(5)

$$b^{n-k}(x) = x^{n-k} - (Q - S)x^{n-k-1} + b_2 x^{n-k-2} + \cdots + b_{n-k}. \qquad (7)$$

Коэффициенты полинома(7) определяются на основе деления полинома $c^n(x)$ на полином $a^k(x)$ с применением алгоритма Евклида.

Согласно проблеме Варинга для полиномов и теореме Неймана-Слейтера [19] существует полином $h(x)$= $f_1^n\big(h(x)\big) + f_2^n\big(h(x)\big) + \cdots + f_k^n\big(h(x)\big)$, где $f_i^n$ –полиномы степени $n$, которые формируются на основе полинома $c^n(x)$ с разными знаками коэффициентов. В силу произвольности этого полинома $h(x)$ мы можем подобрать полином

$$a^k(x) = h^k(x) \qquad (8)$$

степени $k$, причем второй коэффициент $h_1 = -S$ полинома $h^k(x)$, а в силу теоремы Виета величина $S = x_1 + x_2 + \cdots + x_k$ . Здесь важным является то, что этот коэффициент $h_1$ состоит из $k$ произвольных элементов множества $X^n$. Последнее показывает существование подмножества $X^k$ мощности $k$ из множества $X^n$ мощности $n$. Эти мощности $k$, $n$ удовлетворяют неравенствам(3).

Задача о сумме подмножеств требует решения вопроса о существовании сертификата $S$ в виде суммы с ограниченным (минимальным) числом элементов. Классическая проблема Варинга заключается в том, чтобы для данного натурального числа $n$ найти минимальное число $k$=$k$($n$), для которого любое натуральное число $m$ может быть представлено в виде $m = m_1^n + m_2^n + \cdots + m_k^n$, где $m_1, m_2, \dots, m_k$ –целые неотрицательные числа. Эта проблема Варинга была доказана Д. Гильбертом в 1909 году.

**Лемма2.** Пусть существуют параметр $k$, число $m = x_1^n + x_2^n + \cdots + x_k^n$ и элементы $x_i$ из множества $X^n$. Тогда для задачи(1) найдутся сертификат $S < m$ и подмножество $X^k$ мощности $k$ ( $X^k \subseteq X^n$), сумма элементов которого равна $x_1 + x_2 + \cdots + x_k = S$.

Доказательство. Согласно классической гипотезе Варинга справедливо

$$m/k = (x_1^n + x_2^n + \cdots + x_k^n)/k. \qquad (9)$$

Далее воспользуемся известными неравенствами:

$$\frac{x_1^n + x_2^n + \cdots + x_n^n}{n} \geq x_1 x_2 \dots x_n,\quad \frac{x_1 + x_2 + \cdots + x_n}{n} \geq (x_1 x_2 \dots x_n)^{\frac{1}{n}}. \qquad (10)$$

Если заменить элементы $x_i^n$ в равенстве(9) на $x_i^{1/n}$ при учете неравенства $(x_1 x_2 \dots x_k)^{1/k} \geq (x_1 x_2 \dots x_k)^{\frac{1}{n}}$, так как $k \leq n$. Тогда с учетом неравенств(10) получим

$$\frac{x_1+x_2+\cdots+x_k}{k} \geq (x_1x_2 \dots x_k)^{1/k}. \qquad (11)$$

Из неравенства(11) имеем, что $\frac{S}{k} = \frac{x_1+x_2+\cdots+x_k}{k} \geq (x_1x_2 \dots x_k)^{\frac{1}{k}}$. Это показывает, что найдется подмножество $X^k$, состоящее из $k$ элементов, причем их сумма $x_1 + x_2 + \cdots + x_k = S$.

Полученный результат коррелирует с классической проблемой Варинга в теории чисел. В работах [6] и [3,4] найдены интервалы изменения мощности $k$ подмножества $X^k$

$$0 \leq k \leq n/2, \; 0 \leq k \leq n/4 \qquad (12)$$

соответственно.

Предложенные леммы позволяют определить значение мощности $k$ подмножества $X^k$ при заданной мощности $n$ множества $X^n$ и сертификате $S$. Найденные интервалы изменения мощности $k$ ($k(n) \geq 3 \;\vee\; k(n) \leq n < k^2(n) - k(n)$) имеют важное значение при решении задачи о сумме подмножеств (1)-(2).

Действительно, найдены уточненные пределы изменения мощности $k$ подмножества $X^k \subseteq X^n$ по сравнению с ранее полученными интервалами (12).

В частности, из лемм получаем, что при $n$ =1024 мощность $k$ принадлежит интервалу $3 \leq k < 32$, что несравнимо с интервалами $0 \leq k \leq 512$, $0 \leq k \leq 256$, следующих из (12). В этом случае длина входных данных $n$ удовлетворяет неравенству $32 \leq n \leq 998$. Данный интервал позволяет разбить исходное множество на подмножества меньшей размерности на основе метода «разделяй и властвуй». При этом наименьшая размерность подмножества может быть равна 32. Тем самым, мы показали способ разбиения множества $X^n$ на подмножества $X^k$ с определением мощности $k$.

Предложенные леммы позволили решить поставленные проблемы во введении, причем

$$n \geq 3, \; k(n) \geq 3 \;\vee\; n > 3, \; k(n) \leq n < k^2(n) - k(n). \qquad (13)$$

Однако эти леммы не дают окончательного определения фиксированного значения мощности $k$ подмножества $X^k$ поставленной задачи(1). Поэтому для окончательного определения фиксированного значения мощности $k$ подмножества $X^k$ воспользуемся алгеброй полиномов[7].

При нахождении корней полинома $c^n(x)$ используется классическое преобразование

$$y = x - c_1/n \qquad (14)$$

для перевода полинома $c^n(x)$ в полином $c^n(y)$ с другим аргументом, аналогично может быть использовано преобразование(14) для полиномов $a^k(x)$, $b^{n-k}(x)$ в виде

$$y = x - \frac{a_1}{k}, y = x - \frac{b_1}{n-k} \qquad (15)$$

соответственно.

Из (14), (15) на основе формул (4-8) имеем

$$x^c_{arithm} = Q/n, \qquad (16)$$

$$x^a_{arithm} = \frac{S}{k}, \;\; x^b_{arithm} = \frac{Q-S}{n-k}. \qquad (17)$$

**Лемма3.** Если $S \leq Q - S$, то мощность $k$ подмножества $X^k$ из множества $X^n$ с заданной мощностью $n$ определяется следующим образом:

$$k = [S/x^c_{arithm}] \vee k = \left[\frac{S}{x^c_{arithm}}\right] + 1 \wedge k \leq n - k \qquad (18)$$

Доказательство. Применение теоремы Чолша[5] и формул(16-17) позволяют найти фиксированное значение мощности $k$ подмножества $X^k$ по формулам(18) на основе соотношения (5) и интервалов(13).

*Примечание.* 1. Совместное использование отображения $\tau = (S - x)x$ из [3] и преобразования(15) позволяет снизить мощность $k(n)$ на единицу. 2. Если $S > Q - S$, тогда в лемме сертификат $S$ заменяется на величину $Q - S$, при этом должны выполняться условия $n - k < k, Q - S - x_i > 0, x_i \in X^n, i \in N$, и тем самым облегчается решение поставленной задачи(1). 3. Теорема Чолша гласит: пусть корни полиномов $f_1$ и $f_2$ лежат в кругах $K_1$ и $K_2$, радиусы которых равны $r_1$ и $r_2$, а центры находятся в точках $c_1$ и $c_2$.

Тогда все корни произвольного полинома $f = f_1\, f_2$ лежат либо в $K_1$ либо $K_2$, либо в круге $K$ радиуса $\frac{n_2 r_1 + n_1 r_2}{n_2 + n_1}$ с центром в точке $c = \frac{n_2 c_1 + n_1 c_2}{n_2 + n_1}$, где $n_1 = deg f_1, n_2 = deg f_2$. Здесь $c_1 = x^a_{arithm}, c_2 = x^b_{arithm},\ c = x^c_{arithm}$.

**Заключение**

Сделаем вывод, хотя вопрос о равенстве классов P и NP до сих пор не решен, многие ученые склонны считать, что они не равны. Это утверждение справедливо для поставленной Куком знаменитой задачи, в которой время работы проверочного алгоритма всегда меньше времени работы решающего алгоритма для задачи о сумме подмножеств.

Предложены леммы о полиномиальной разрешимости задачи о сумме подмножеств. Особо отметим, что предлагаемый метод решения задачи о сумме подмножеств не разделяет на проверочные и решающие алгоритмы, которые имеются в самой постановке задачи Кука. Существование полиномиальных методов и полнота задачи о сумме подмножеств обеспечивает решение других проблем класса NP-complete и справедливость равенства классов P = NP (известная теорема: если некоторая NP-полная задача разрешима за полиномиальное время, то P = NP). И наконец, предлагаемый подход уменьшает время обработки больших данных (Big Data), связанных с набором признаков *VVV* (*volume, velocity, variety*).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Konstantinos Koiliaris, Chao Xu. A Faster pseudopolynomial time algorithm for subset sum. To appear in SODA ’17, 2017. //arXiv:1610.04712v2[cs.Ds] 8 Jan 2017.-18p.

2. Karl Bringmann. A near-linear pseudopolynomial time algorithm for subset sum. To appear in SODA ’17, 2017. //arXiv:1610.04712v2[cs.Ds] 8 Jan 2017.-18p.

3. B. Sinchev, A.B. Sinchev, J. Akzhanova, A.M. Mukhanova. New methods of information search. I. // News of the National Academy of Sciences of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences, Volume 3, Number 435 (2019), pp. 240-246

4. B. Sinchev, A.B. Sinchev, J. Akzhanova, Y. Issekeshev, A.M. Mukhanova. Polynomial time algorithms for solving NP-complete problems . // News of the National Academy of Sciences of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences, Volume 3, Number 441 (2020), pp.97-101

5. В.В. Прасолов. Многочлены. _М.:МЦНМО, 2001. -336с.

6. E. Horowitz, S. Sanni. Computing Partitions with Application to the Knapsack Problem //Journal of the ACM(JACM), 1974, T21, pp.277-292

7. А. Г. Курош. Курс высшей алгебры-М.: Наука, 1975.-432с.

REFERENCES

1. Konstantinos Koiliaris, Chao Xu. A Faster pseudopolynomial time algorithm for subset sum. To appear in SODA ’17, 2017. //arXiv:1610.04712v2[cs.Ds] 8 Jan 2017.-18p.

2. Karl Bringmann. A near-linear pseudopolynomial time algorithm for subset sum. To appear in SODA ’17, 2017. //arXiv:1610.04712v2[cs.Ds] 8 Jan 2017.-18p.

3. B. Sinchev, A.B. Sinchev, J. Akzhanova, A.M. Mukhanova. New methods of information search. I. // News of the National Academy of Sciences of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences, Volume 3, Number 435 (2019), pp. 240-246

4. B. Sinchev, A.B. Sinchev, J. Akzhanova, Y. Issekeshev, A.M. Mukhanova. Polynomial time algorithms for solving NP-complete problems . // News of the National Academy of Sciences of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences, Volume 3, Number 441 (2020), pp.97-101

5. V.V. Prasolov. Polynomials. -M.: MTSNMO, 2001.-336p.

6. E. Horowitz, S. Sanni. Computing Partitions with Application to the Knapsack Problem //Journal of the ACM(JACM), 1974, T21, pp.277-292

7. A.G. Kurosh. A course of higher algebra.-M .: Science, 1975.-432p.

**Синчев Б.**

**NP-complete сыныптың полиномиялық шешімі туралы**

**Аңдатпа.** N кардиналының $X^n$ жұп және тақ теріс емес бүтін сандарының жиынтығында элементтерінің қосындысы S сертификатына тең болатын K=[$X^k$] нықталғандықтың $X^k \subseteq X^n$ ішкі жиынын табыңыз. Қойылған мәселе NP толық сыныпқа жатады. Леммалар $n \geq 3, k(n) \geq 3 \ \vee \ n > 3, \ k(n) \leq n < k^2(n) - k(n)$ шарттарын қанағаттандыратын k координаталық $X^k$ жиынтықтарының қосындысының есебінің полиномдық шешімділігі бойынша дәлелденді және жоғарыдағы аралықтан k қуатының тұрақты мәнін тапты. Есептерді ішкі жиындардың қосындысына шешудің ұсынылған полиномдық әдісі белгілі теорема негізінде P = NP кластарының теңдігін азайту функцияларын және NP толық кластың басқа есептерін шешуді ұсынады: егер кейбір NP болса -толық есеп көпмүшелік уақытта шешіледі, содан кейін P = NP.

**Түйінді сөздер:** NP класы толық, полиномдық шешімділік, ішкі жиындардың қосындысына есеп

**Sinchev B.**

**On polynomial decision of class NP-complete**

**Abstract.** In the set of even and odd non-negative integers $X^n$of cardinality n, find a subset $X^k \subseteq X^n$ of cardinality K=[$X^k$], the sum of whose elements is equal to the certificate S. The problem posed belongs to the NP-complete class. Lemmas are proved on the polynomial solvability of the problem of the sum of subsets $X^k$with cardinality k satisfying the conditions $n \geq 3, k(n) \geq 3 \ \vee \ n > 3, \ k(n) \leq n < k^2(n) - k(n)$ and a fixed value of the power k from the above interval is found. The proposed polynomial method for solving the problem on the sum of subsets provides a solution to other problems of the NP-complete class using reducing functions and the equality of the classes P = NP on the basis of the well-known theorem: if some NP-complete problem is solvable in polynomial time, then P = NP.

**Keywords:** NP-complete class, polynomial solvability, subset sum problem

**Автор туралы ақпарат:**

**Синчев Бахтгерей**, Техника ғылымдарының докторы, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің Ақпараттық Жүйелер кафедрасының профессоры.

**Сведения об авторах:**

**Синчев Бахтгерей**, доктор технических наук, профессор кафедры информационных систем Международного университета информационных технологий.

**About the author:**

**Sinchev Bakhtgerey**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Information Systems, International Information Technology University.

INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND
COMMUNICATION TECHNOLOGIES

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ИНФОРМАЦИОННЫХ И
КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ
КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖУРНАЛЫ

| | |
|---|---|
| Ответственный за выпуск | Есбергенов Досым Бектенович |
| Редакторы | Медведев Евгений Юрьевич |
| Компьютерная верстка и дизайн | Жадыранова Гульнур Даутбековна |

Редакция журнала не несет ответственности за
недостоверные сведения в статье и
неточную информацию по цитируемой литературе

Подписано в печать 15.12.2021 г.
Тираж 500 экз. Формат 60x84 1/16. Бумага тип.
Уч.-изд.л. 6.5. Заказ №170

Издание Международный университет информационных технологий
Издательский центр КБТУ, Алматы, ул. Толе би, 59