

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA’LIM, FAN VA
INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI**

**MIRZO ULUG‘BEK NOMIDAGI O‘ZBEKISTON MILLIY
UNIVERSITETINING JIZZAX FILIALI**



KOMPYUTER ILMLARI VA MUHANDISLIK TEXNOLOGIYALARI
mavzusidagi Xalqaro ilmiy-texnik anjuman materiallari to‘plami
2026-yil 25-26-sentabr

(1-qism)

JIZZAX-2026

Kompyuter ilmlari va muhandislik texnologiyalari. Xalqaro ilmiy-texnik anjuman materiallari to'plami – Jizzax: O'zMU Jizzax filiali, 2026-yil 25-26-sentabr. 507-bet.

Xalqaro miqyosidagi ilmiy-texnik anjuman materiallarida zamonaviy kompyuter ilmlari va muhandislik texnologiyalari sohasidagi innovatsion tadqiqotlar aks etgan.

Globalashuv sharoitida davlatimizni yanada barqaror va jadal sur'atlar bilan rivojlantirish bo'yicha amalga oshirilayotgan islohotlar samarasini yaxshilash sohasidagi ilmiy-tadqiqot ishlariga alohida e'tibor qaratilgan. Zero iqtisodiyotning, ijtimoiy sohalarni qamrab olgan modernizatsiya jarayonlari, hayotning barcha sohalarini liberallashtirishni talab qilmoqda.

Ushbu ilmiy ma'ruza tezislari to'plamida mamlakatimiz va xorijlik turli yo'nalishlarda faoliyat olib borayotgan mutaxassislar, olimlar, professor-o'qituvchilar, ilmiy tadqiqot institutlari va markazlarining ilmiy xodimlari, tadqiqotchilari, magistr va talabalarining ilmiy-tadqiqot ishlari natijalari mujassamlashgan.

Mas'ul muharrirlar: DSc.prof. Turakulov O.X., t.f.n., dots. Baboyev A.M.

Tahrir hay'ati a'zolari: p.f.d.(DSc), prof. Turakulov O.X., t.f.n., dots. Baboyev A.M., t.f.f.d.(PhD), prof. Abduraxmanov R.A., p.f.f.d.(PhD) Eshankulov B.S., p.f.n., dots. Aliqulov S.T., p.f.n., dots. Alimov N.N., p.f.f.d.(PhD), dots. Alibayev S.X., t.f.f.d.(PhD), dots. Abdumalikov A.A., p.f.f.d.(PhD) Hafizov E.A., f.f.f.d.(PhD) dots., Norbekova B.Sh. p.f.f.d.(PhD) dots. Sindorov L.K., t.f.f.d.(PhD), dots. Nasirov B.U., b.f.f.d. (PhD) O'ralov A.I., p.f.n., dots. Aliqulov S.T., t.f.f.d.(PhD) Kuvandikov J.T., i.f.n., dots. Tsoy M.P., Sharipova S.F., Jo'rayev M.M.

Mazkur to'plamga kiritilgan ma'ruza tezislarining mazmuni, undagi statistik ma'lumotlar va me'yoriy hujjatlarning to'g'riligi hamda tanqidiy fikr-mulohazalar, keltirilgan takliflarga mualliflarning o'zlari mas'uldirlar.

3. Papageorgiou E.I., Salmeron J.L. A review of fuzzy cognitive maps research during the last decade // IEEE Transactions on Fuzzy Systems. 2013. Vol. 21, № 1. P. 66–79.

4. Coates C.L. Flow-graph solutions of linear algebraic equations // IRE Transactions on Circuit Theory. 1959. Vol. 6, № 2. P. 170–187.

5. Mason S.J. Feedback theory: further properties of signal flow graphs // Proceedings of the IRE. 1956. Vol. 44, № 7. P. 920–926.

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПТУАЛЬНОГО МЕТОДА ВЫБОРА ОЧЕРЕДНОСТИ МЕР ДЛЯ ФОРМАЛЬНОГО И НЕФОРМАЛЬНОГО СЕКТОРОВ ЗАНЯТОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

магистр Туяков Ойбек Аувезходжаевич

магистр Бахромова Лазиза Акмал кизи

докторант Элчиева Шахноза Бахтиеровна

Ташкентский университет информационных технологий

имени Мухаммада аль-Хорезми

leslieacmelie@gmail.com

Аннотация: В прикладном когнитивном моделировании выбор последовательности мер традиционно осуществляется посредством попарного сравнения двух или трёх заранее определённых сценариев. Данный подход позволяет установить направление наблюдаемого эффекта, однако не даёт возможности определить оптимальное решение и, как показано, создаёт искажённое представление о качестве сравниваемых вариантов. В работе предложен концептуальный метод выбора, включающий три этапа: полный перебор всех возможных порядков, построение двухкритериального множества Парето и применение жадного алгоритма при значительном количестве мер. Применительно к пяти мерам рассмотрены все 120 возможных порядков; накопленные расходы изменяются в диапазоне от 15,72 до 46,77, что соответствует разбросу в 197 %, а множество Парето насчитывает шестнадцать порядков. Установлено, что прирост охвата на 15,4 % требует увеличения расходов на 169 %. Проверка всех 160 пар вложенных подмножеств подтвердила субмодулярность функции охвата, что обосновывает применимость оценки $1 - 1/e$ для жадного алгоритма при увеличении числа мер.

Ключевые слова: выбор очередности мер, множество Парето, субмодулярная функция, жадный алгоритм, когнитивная модель, многокритериальный выбор.

Когнитивная модель, описывающая взаимодействие формального и неформального секторов занятости, включает пять регулирующих мер, внедряемых регулятором последовательно [1, 2]. Учитывая, что все эти меры ведут к одному конечному состоянию, ключевым вопросом становится не выбор самих мер, а определение очередности их применения: различия

проявляются в траектории достижения цели и связанных с ней издержках, но не в самой цели.

Существующая методология решает эту задачу путём попарного сравнения: формируются два-три правдоподобных сценария, для каждого рассчитывается итоговый результат, после чего лучший вариант выбирается как предпочтительный [3]. Такой подход, хотя и прост, позволяет оценить только непосредственно сравниваемые варианты и не даёт сведений об остальных возможных последовательностях. В настоящей работе показано, что данный метод приводит к ошибочным выводам, и предложен альтернативный подход, свободный от этого ограничения.

Первый этап включает полный перебор всех возможных порядков применения мер. При пяти мерах общее число их комбинаций составляет 120, что позволяет осуществить исчерпывающий перебор. Вычислительная осуществимость обеспечивается структурными особенностями модели: все её контуры замыкаются через управляющие понятия, остальная часть графа ациклична, и каждый вывод завершается ровно за пять шагов независимо от требуемой точности. Таким образом, полный перебор 120 последовательностей сводится к 600 шагам вывода и занимает доли секунды.

Накопленные расходы для всех рассмотренных порядков изменяются от 15,72 до 46,77, что даёт разброс в 197 %; соответствующее распределение представлено на рисунке 1а. Следовательно, порядок применения мер не является второстепенным фактором: неоптимальная последовательность увеличивает расходы втрое по сравнению с оптимальной при достижении того же конечного состояния. Распределение не концентрируется на крайних значениях, то есть большинство последовательностей занимает промежуточное положение, и случайно выбранный порядок с высокой вероятностью окажется существенно менее эффективным, чем оптимальный.

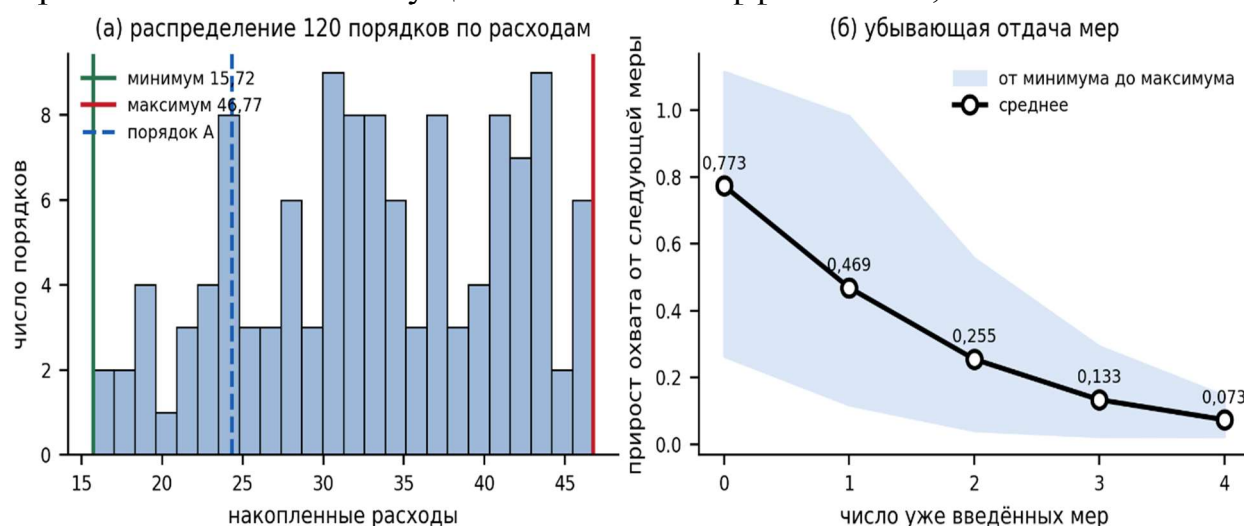


Рис. 1. (а) Распределение 120 порядков по накопленным расходам. (б) Средний прирост охвата от добавления очередной меры

На втором этапе осуществляется построение множества Парето. Оценка порядков только по расходам недостаточна, поскольку вместе с ними изменяется и достигаемый охват. Поэтому строится множество Парето в

координатах «расходы — охват»: порядок включается в него, если ни один другой не обеспечивает одновременно меньших расходов и большего охвата. Из 120 исходных порядков недоминируемыми оказались шестнадцать; характерные точки представлены в таблице 1.

Таблица 1. Характерные порядки на множестве Парето

Порядок ввода мер	Охват	Расходы	Положение на фронте
C4 → C3 → C1 → C5 → C2	76,32	15,72	минимум расходов
C3 → C4 → C1 → C5 → C2	78,16	16,60	на фронте
C1 → C4 → C3 → C5 → C2	81,92	21,68	на фронте
C1 → C4 → C3 → C2 → C5	83,39	24,29	на фронте
C1 → C2 → C3 → C4 → C5	87,09	37,52	на фронте
C2 → C1 → C3 → C4 → C5	88,08	42,29	максимум охвата

Наблюдается заметная нелинейность фронта. Наименее затратный порядок обеспечивает накопленный охват 76,32 при расходах 15,72, тогда как порядок с максимальным охватом достигает 88,08 при расходах 42,29. Увеличение охвата на 15,4 % требует роста расходов на 169 %. Таким образом, выбор конкретной точки на фронте представляет собой задачу определения приоритетов, а не исключительно вычислительную проблему.

Здесь же проявляется недостаток попарного сравнения. Порядок, который начинается с подключения каналов и рассматривался в предыдущих исследованиях как предпочтительный, при оценке исключительно по расходам занимает лишь 21-е место из 120. Однако на двухкритериальном фронте он оказывается девятым из шестнадцати и не доминируется ни одним другим порядком: он дороже экономичных вариантов, но обеспечивает больший охват. Однокритериальная оценка создала бы ошибочное представление о его неэффективности.

На третьем этапе осуществляется жадный отбор. Количество порядков растёт факториально, и при десяти мерах полный перебор становится невозможным. В связи с этим возникает вопрос, обладает ли функция охвата структурой, допускающей приближённый выбор с гарантией качества.

Обозначим суммарный охват при введённом наборе мер S как $V(S)$. Проверка всех 160 пар вложенных подмножеств показала, что для любых A , являющегося подмножеством B , и любой меры k , не входящей в B , выполняется условие убывающей отдачи: прирост охвата от добавления меры k к меньшему набору не меньше прироста от добавления её к большему набору. Нарушений данного условия не обнаружено, что свидетельствует о субмодулярности функции охвата.

Наглядно это проиллюстрировано на рисунке 1б. Средний прирост охвата от добавления очередной меры монотонно убывает: 0,773 при пустом наборе, 0,469 при наличии одной меры, затем 0,255, 0,133 и 0,073. Отдача от пятой меры оказывается вдесятеро меньше отдачи от первой. Заштрихованная область показывает разброс между минимальным и максимальным приростом для данного размера набора; она сужается вместе со средним значением, то

есть по мере насыщения набора различие между отдельными мерами также нивелируется.

Исходя из классических результатов [4, 5], отсюда следует, что жадный алгоритм, добавляющий на каждом шаге меру с наибольшим приростом, обеспечивает результат не менее $(1 - 1/e)$, то есть приблизительно 0,632 от оптимального значения. Эта гарантия не зависит от общего числа мер, что делает метод применимым при увеличении размерности задачи. С содержательной стороны субмодулярность означает, что меры частично замещают друг друга: чем больше их введено, тем меньше отдача от следующей. Следует подчеркнуть, что субмодулярность установлена вычислительной проверкой для конкретной модели, а не доказана для произвольной карты; поиск достаточных условий составляет отдельную исследовательскую задачу.

Заключение. Предложен концептуальный метод выбора очередности применения мер, включающий исчерпывающий перебор при малом числе мер, построение двухкритериального множества Парето и жадный отбор при большом числе. Метод устраняет недостаток попарного сравнения сценариев, которое, как показано, приводит к ошибочной оценке неэффективности порядка, фактически не являющегося доминируемым. В рамках рассмотренной модели разброс расходов между порядками составил 197 %, множество Парето включает шестнадцать порядков из 120, а увеличение охвата на 15,4 % требует дополнительных расходов в размере 169 %.

Список использованной литературы:

1. Kosko B. Fuzzy cognitive maps // International Journal of Man-Machine Studies. 1986. Vol. 24, № 1. P. 65–75.
2. Axelrod R. Structure of Decision: The Cognitive Maps of Political Elites. Princeton: Princeton University Press, 1976. 422 p.
3. Papageorgiou E.I., Salmeron J.L. A review of fuzzy cognitive maps research during the last decade // IEEE Transactions on Fuzzy Systems. 2013. Vol. 21, № 1. P. 66–79.
4. Nemhauser G.L., Wolsey L.A., Fisher M.L. An analysis of approximations for maximizing submodular set functions // Mathematical Programming. 1978. Vol. 14, № 1. P. 265–294.
5. Krause A., Golovin D. Submodular function maximization // Tractability: Practical Approaches to Hard Problems. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. P. 71–104.