

С. А. Горбатков, М. В. Коротнева

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ УЧРЕЖДЕНИЙ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

Представлена методика многокритериальной оценки эффективности деятельности учреждений здравоохранения путем агрегирования большого количества разнородных и разнонаправленных показателей на основе нейросетевой модели. *Оценка эффективности; морфологический метод; агрегирование экономических показателей; нейросетевая модель*

ВВЕДЕНИЕ

При планировании бюджетных процессов на муниципальном уровне [1], в частности при распределении фонда материального развития (ФМР) между учреждениями здравоохранения (УЗ) [2], общеобразовательными, спортивно-оздоровительными и др., возникает трудноформализуемая проблема количественной оценки эффективности работы УЗ. Задача эта сложная, поскольку оценивать надо работу муниципальных учреждений (МУ) в различных аспектах: внутреннего состояния объекта моделирования, внешних показателей объема и качества оказываемых населению бюджетных услуг, экономических показателей внешней среды. В итоге модель должна охватывать до нескольких десятков разнонаправленных показателей, имеющих разную размерность, что делает ее труднообозримой. Другая сложность – сильная зашумленность данных (вплоть до их сознательного искажения).

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Целью данной статьи является разработка методики многокритериальной оценки эффективности деятельности МУ путем агрегирования большого количества разнородных и разнонаправленных показателей на основе нейросетевой модели (НСМ), которая должна давать достаточно устойчивые оценки при сильном зашумлении данных, упомянутых выше.

Предполагается, что выбор показателей, включаемых в модель в качестве независимых $\{X_i\}$ и зависимых $\{Y_m\}$ переменных, уже сделан на основе известных работ либо предварительных исследований с учетом специфики данного типа МУ [1, 2]. Для конкретности предлагаемую методику будем излагать на примере лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ) и готовый список исходных показателей возьмем из [2]. Дальнейшее преобразование показателей

и соответствующее структурирование математическо-информационной модели производится на основе морфологического принципа [3], применяемого в системном анализе при решении задач общего характера в поиске компоновочных и схемных решений. Сущность структурирования данных в модели и синергетического взаимодействия порождаемых при этом агрегатов – переменных – подробно раскрыта ниже.

Первые шаги в направлении исследований по теме статьи выполнены в [4]. Статья обобщает работу [4] в направлении «комитетных» оценок на ансамбле нейросетей, что повышает устойчивость модели.

2. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Суть морфологического метода состоит в выделении в исследуемой системе нескольких типичных для нее структурных (морфологических) признаков – осей морфологического «ящика». На каждую морфологическую ось «нанизываются» списки различных конкретных вариантов, характеристик. Морфологическая таблица делает поисковое поле более наглядным, позволяет обзирать и анализировать ранее не изученные сочетания вариантов. Если при конструировании систем в пустых клетках морфологического ящика порождаются интересные для анализа технические решения, то при спецификации переменных с их помощью можно структурировать данные.

Предварительный анализ методики [2] выявил четыре морфологические «оси», т. е. четыре частных критерия – агрегаты $\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3, \Phi_4$ отражающие основные аспекты оценки эффективности УЗ (табл. 1). По каждой такой «оси» располагаются характеристики признаков – показатели $\{\Phi_{k,r}\}, k = \overline{1,4}; r = 1, 2, \dots, n$, где k – номер частного критерия в табл. 1, r – номер показателя, входящего в данный частный критерий-агрегат.

Таблица 1

Морфологический ящик частных критериев и признаков для спецификации НСМ

Оси морфологического ящика (частные критерии { Φ_k })	Признаки (показатели) { Φ_{kr} }						
Φ_1 – критерий, характеризующий результативность всей деятельности УЗ в аспекте основной цели его функционирования – профилактики заболеваний и оказания медицинских услуг	$\Phi_{1.1}$ – доля респондентов, положительно оценивающих работу УЗ (при социологическом опросе), доли от числа опрошенных	$\Phi_{1.2}$ – удельный вес количества детей I и II групп здоровья в общей численности учащихся государственных (муниципальных) образовательных учреждений	$\Phi_{1.3}$ – смертность населения младенческая в расчете на 1000 человек, родившихся живыми, долей от 1000	$\Phi_{1.4}$ – средняя детская смертность в возрасте от 1 до 19 лет в расчете на 100000 населения, обслуживаемым данным УЗ, доли от 100000	$\Phi_{1.5}$ – смертность населения в трудоспособном возрасте по 3 основным причинам: сердечно-сосудистые и онкологические заболевания, внешние причины, доли от 100000	$\Phi_{1.6}$ – средняя продолжительность временной нетрудоспособности в связи с болезнью на 1 работающего (усреднение проводится по данным всего УЗ в текущем месяце), доли года	
Φ_2 – критерий, характеризующий дефицит финансирования ТППГ оказания гражданам бесплатной медицинской помощи по данному УЗ, в т.ч. по ОМС	$\Phi_{2.1}$ – процент недоиспользования ТППГ, %						
Φ_3 – критерий, оценивающий неэффективность управления основным звеном системы здравоохранения – кадровыми ресурсами	$Y_{3.1}$ – объем неэффективных расходов на управление кадровыми ресурсами по всем работникам, тыс. руб.		$Y_{3.2}$ – объем неэффективных расходов на управление кадровыми ресурсами по врачам, тыс. руб.		$Y_{3.3}$ – объем неэффективных расходов на управление кадровыми ресурсами по среднему медицинскому персоналу, тыс. руб.		
Φ_4 – критерий, оценивающий неэффективность расходов на управление основными ресурсами УЗ и видами медицинских услуг (экономический критерий)	$\Phi_{4.1}$ – доля неэффективных расходов на управление коечным фондом в УЗ в общих расходах на лечение 1 человека	$\Phi_{4.2}$ – доля неэффективных расходов на управление длительно-стью эксплуатации коек в УЗ в общих расходах на лечение 1 человека	$\Phi_{4.3}$ – доля неэффективных расходов на управление стационарной медицинской помощью в общих расходах УЗ на лечение 1 человека	$\Phi_{4.4}$ – доля неэффективных расходов на управление длительно-стью пребывания больного на койке и уровнем госпитализации в общих расходах УЗ на лечение 1 человека	$\Phi_{4.5}$ – доля неэффективных расходов на управление объемами стационарной медицинской помощи в общих расходах УЗ на лечение 1 человека	$\Phi_{4.6}$ – доля неэффективных расходов на управление объемами амбулаторной помощи в общих расходах УЗ на лечение 1 человека	$\Phi_{4.7}$ – доля неэффективных расходов на управление объемами скорой медицинской помощи в общих расходах УЗ на лечение 1 человека

Предлагаемая концепция агрегирования переменных на основе морфологического принципа состоит в том, что показатели $\{\Phi_{k,r}\}$ вдоль каждой k -й оси морфологического ящика в табл. 1 свертываются аддитивно, а результаты свертки (т. е. частные критерии-агрегаты) перемножаются между собой.

В итоге стохастическая связь главной полезной функции Φ с вектором объясняющих переменных \vec{X} будет сильнее, чем связь входящих в Φ частных критериев и образующих их аддитивных членов $\{\Phi_{k,r}\}$ и $\{\Phi_{k,m}\}$ с \vec{X} .

3. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

На основе сформулированной концепции спецификации НСМ оценки эффективности деятельности УЗ главная полезная функция Φ моделируемой системы представляется в виде следующей комбинации аддитивно-мультипликативных свертки:

$$\Phi = \left(\sum_{r=1}^6 c_r \Phi_{1,r} \right) \cdot \Phi_2 \cdot \Phi_3 \cdot \left(\sum_{m=1}^7 b_m \Phi_{4,m} \right);$$

$$\Phi_1 = \sum_{r=1}^6 c_r \Phi_{1,r}; \quad \Phi_4 = \sum_{m=1}^7 b_m \Phi_{4,m};$$

$$\sum_{r=1}^6 c_r = 1; c_r \geq 0; \quad \sum_{m=1}^7 b_m = 1; b_m \geq 0,$$

здесь $\{c_r\}$, $\{b_m\}$ – весовые множители в аддитивных свертках Φ_1 и Φ_4 .

Все частные критерии – агрегаты Φ_1 , Φ_2 , Φ_3 , Φ_4 являются безразмерными величинами, и улучшению работы УЗ соответствует их уменьшение. Соответственно, в планируемом периоде прогнозируется, что лучше будет работать то УЗ, у которого меньше главная полезная функция Φ . Отметим, что предлагаемая структура главной полезной функции Φ ориентирована на конечный результат в планировании, который в настоящее время является основополагающим принципом планирования в муниципальных образованиях.

Следуя [3], выберем экзогенные переменные $\{X_j\}$ по методике [2] так, чтобы их число было в несколько раз меньше объема выборки $N = 240$:

$$N \geq \zeta n, \quad \zeta = 2 \dots 10,$$

где ζ – коэффициент запаса по репрезентативности выборки. Рекомендация получена в [1], [5] эмпирическим путем и согласуется с известными монографиями по нейросетевому моделированию сильнозашумленных экономических объектов [6].

Перечислим все входные факторы: X_1 – среднемесячная заработная плата (ЗП) работников УЗ (тыс. руб.); X_2 – среднемесячная ЗП врачей (тыс. руб.); X_3 – среднемесячная ЗП среднего персонала (тыс. руб.); X_4 – доля отделений клинических больниц (КБ), переведенных на одноканальное финансирование через систему ОМС (%); X_5 – доля отделений КБ, применяющих экономические стандарты оказания медицинской помощи (%); X_6 – доля КБ, переведенных на отраслевую систему оплаты труда, ориентированную на результат (%); X_7 – общие удельные расходы консолидированного бюджета в данном УЗ на лечебный процесс (руб./чел.); X_8 – расходы консолидированного бюджета в данном УЗ на капитальное строительство (млн руб.); X_9 – число врачей в расчете на 10 тыс. человек населения (чел.); X_{10} – число среднего медицинского персонала в расчете на 10 тыс. человек населения (чел.); X_{11} – стоимость содержания одной койки в клинической больнице в сутки (руб./сутки); X_{12} – стоимость единицы объема оказания медицинской помощи в стационаре (руб./чел.); X_{13} – стоимость единицы объема оказания амбулаторной медицинской помощи (руб./чел.); X_{14} – стоимость единицы объема оказания скорой медицинской помощи (руб./вызов); X_{15} – относительное время \tilde{t}_i ; $X_{16t} \equiv \Phi_{t-1}$ – лаговая переменная (со сдвигом в «прошлое» на 1 временной интервал (месяц)) [6]; $X_{17t} \equiv \Phi_{t-3}$ – лаговая переменная со сдвигом на 3 временных интервала в «прошлое».

4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В табл. 2 приведен фрагмент данных наблюдений в 2004–2005 гг. Общее количество наблюдений в данных панельного типа составило 240 точек: 4 объекта, 12 месяцев, 5 лет с 2004 по 2008 гг.

Проведенный корреляционный анализ \vec{X} и критериев Φ , Φ_1 , Φ_2 , Φ_3 , Φ_4 показал, что критическое значение коэффициента корреляции согласно критерию Стьюдента при уровне значимости $\alpha = 0,05$ и числе степеней свободы $(N - 2) = 338$ составляет $|r_{кр}| = 0,1655$ при $t_r = 1,969$. Все $\{r_{\Phi, X_j}\}_{j=1,15}$ статистически значимы и имеют довольно большие значения $(r_{\Phi, X_j} \in [0,2691; 1])$. В табл. 3 приведены данные расчета в НСМ нормированной главной полезной функции $\tilde{\Phi} = 10^3 \cdot \Phi$ с целью ранжирования деятельности трех клинических больниц г. Стерлитамака. Расчеты проводились на одной и той же базе данных с помощью 6 параллельных

НСМ, различающихся архитектурой сети и видом «активационных функций» [6]. Оценка получалась как результат осреднения по 6 сетям.

Таблица 2
Фрагмент агрегированных данных

i	\tilde{X}_1	\tilde{X}_2	\tilde{X}_3	\tilde{X}_4	\tilde{X}_5	\tilde{X}_6
1	0,008	0,004	0,014	1	0	0,056
2	0,005	0,001	0,012	1	0,069	0,151
3	0,010	0,006	0,017	1	0,104	0

i	\tilde{X}_7	\tilde{X}_8	\tilde{X}_9	\tilde{X}_{10}	\tilde{X}_{11}	\tilde{X}_{12}
1	0,712	0,001	0,209	0,326	0,002	0,015
2	0,706	0,006	0,510	0,567	0	0,010
3	0,719	0,016	0,284	0,386	0,004	0,020

i	\tilde{X}_{13}	\tilde{X}_{14}	\tilde{X}_{15}
1	0,014	0,002	0
2	0,009	0	0,016
3	0,019	0,004	0,033

i	Φ_1	Φ_2	Φ_3	Φ_4	Φ
1	0,431	0,999	0,258	0,031	0,003
2	0,441	0,979	2,649	0,043	0,050
3	0,436	0,989	1,371	0,046	0,027

Таблица 3
Результаты ранжирования
трех клиникских больниц г. Стерлитамака

№	t	$\hat{\Phi}_1$	$\hat{\Phi}_2$	$\hat{\Phi}_3$	$\hat{\Phi}_4$
2	41	19,658	19,790	19,978	19,771
3	41	15,527	15,114	15,102	15,481
4	41	16,787	15,578	15,470	15,605

№	t	$\hat{\Phi}_5$	$\hat{\Phi}_6$	$\hat{\Phi}_{cp}$
2	41	19,824	20,386	19,901
3	41	15,751	15,621	15,433
4	41	15,726	16,067	15,872

Здесь $\hat{\Phi}_i$ – расчетное значение нормированной полезной функции $\tilde{\Phi}$ для параллельных НСМ 1,2,3,4,5,6 соответственно; $\hat{\Phi}_{cp}$ – осредненное на 6 сетях значение $\tilde{\Phi}$. Из табл. 3 видно, что в прогнозном (планируемом) периоде ($t = 41$ -й месяц) наибольшую эффективность (соответственно, минимальные $\tilde{\Phi}$) имеет клиника № 3, для которой $\tilde{\Phi} = 15,433$.

5. ПРИЛОЖЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Данные модели можно использовать для «справедливого» дифференцирования фонда материального развития.

ВЫВОДЫ

1. В рамках проведенных расчетов подтвердилась концепция агрегирования зависимых переменных на основе морфологического принципа. Действительно, главная полезная функция Φ оказывается лучше связанной с вектором \tilde{X} , чем частные критерии $\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3, \Phi_4$. Что касается частных критериев $\{\Phi_k\}, k = \overline{1,4}$, то только один из них Φ_1 имеет значимую связь со всеми компонентами вектора \tilde{X} , кроме X_9 . Остальные частные критерии Φ_2, Φ_3, Φ_4 имеют значимую связь только с частью компонент $x_j, j = \overline{1,15}$.

2. Сформулированная концепция агрегирования зависимых переменных на основе морфологического принципа повышает информативность данных в аспекте улучшения «сцепления» результирующей переменной Φ с объясняющими переменными $\{X_j\}, j = \overline{1,n}$ на фоне сильного зашумления данных. Это служит и предпосылкой улучшения качества аппроксимации в НСМ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Моделирование бюджетных процессов на муниципальном уровне на основе нейросетей / Р. Ф. Гатауллин [и др.]. Уфа: Восточн. ун-т, 2008. 215 с.
2. Методика оценки эффективности деятельности органов исполнительной власти в области здравоохранения // Вопросы экономики и управления для руководителей здравоохранения. 2007. № 9. С.13–19.
3. **Одрин В. М., Картавов С. С.** Морфологический анализ систем. Киев: Наукова думка, 1977. 235 с.
4. **Бирюков А. Н.** Методика оценки эффективности деятельности учреждений здравоохранения на основе нейросетевых моделей // Экономика и управление. 2010. № 5. С. 56–61.
5. **Горбатков С. А., Полупанов Д. В.** Методы нейроматематики в налоговом контроле. Уфа: РИЦ БашГУ, 2008. 136 с.
6. **Ежов А. А., Шумский С. А.** Нейрокомпьютинг и его применение в экономике и бизнесе: Учебник. М.: МИФИ, 1998. 224 с.

ОБ АВТОРАХ

Горбатков Станислав Анатольевич, проф. каф. матем. и инф. филиала ВЗФЭИ в г. Уфе. Дипл. инж. по электрифик. пром. предпр. (ТПИ, 1960). Д-р техн. наук по управл. в технич. системах (МИЭМ, 1991). Иссл. в обл. нейросетевого моделир. в технич. и эконом. системах с сильным зашум. данных.

Коротнева Марина Владимировна, ст. преп. той же каф. Дипл. инж. по прогр. обеспеч. выч. техники и автом. систем (УГАТУ, 1996). Иссл. в обл. нейросетевого моделир. в эконом. системах с сильным зашум. данных.