

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА СОЦИАЛЬНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ
НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Т. А. Хорошева, Е. С. Дударь, А. К. Колесова

**ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF SOCIAL REHABILITATION PROCESS
THROUGH MODELING**

T. A. Khorosheva, E. S. Dudar, A. K. Kolesova

В данной статье предложен оригинальный подход к оценке эффективности программ социальной реабилитации детей «группы риска» с использованием математического моделирования, позволяющий повысить информативность принимаемых управленческих решений. Особенностью построения математических моделей социальных процессов является применение метода дробно-рациональной аппроксимации на основе непрерывных дробей.

This paper proposes an original approach to assessing the effectiveness of rehabilitation programs for «risk group» children using mathematical modelling to improve information management decisions. The feature of building mathematical models of social processes is the application of a rational fractional approximation on the basis of continued fractions.

Ключевые слова: динамические модели, структурно-параметрическая идентификация, оценка эффективности, дети «группы риска».

Keywords: dynamic models, structural and parametric identification, performance evaluation, «risk group» children.

Проблема повышения эффективности социальной реабилитации в современных социально-экономических условиях связана с развитием формализованных методов анализа и оценки эффективности программ социальной реабилитации на основе исследования математических моделей процесса с использованием возможностей современной вычислительной техники. Развитие формализованного подхода к оценке эффективности реализации программ социальной реабилитации включает разработку методики оценки эффективности индивидуальной программы реабилитации, моделей и алгоритмов моделирования и их использование для изучения особенностей процесса реабилитации. Исследование процесса социальной реабилитации на основе математических моделей позволит выявить формализованные показатели оценки эффективности, отличающиеся от экспертных оценок объективностью и достоверностью. Методы идентификации как методы построения математических моделей реальных динамических систем, подверженных неконтролируемым случайным воздействиям (стохастических систем), являются важной составной частью процесса решения задач моделирования и управления в различных сферах профессиональной деятельности человека. Исследования на тестовых примерах показали возможность применения метода структурно-параметрической идентификации для построения неполных моделей в случае редких измерений с минимальной погрешностью (не превышающей 10 %).

В работах [1; 2; 5] предложен алгоритм оценки эффективности индивидуальных программ реабилитации, который реализован в виде интернет-сервиса [4]. Оценка эффективности ИПР дается на каждом этапе и выражается качественным показателем – коэффициентом действия индивидуальной программы

реабилитации $k_{\text{ипр}}$. Однако такой подход не отражает общего влияния программы на ребенка в целом.

При построении модели процесса реабилитации решается задача идентификации при ненулевых начальных значениях, поэтому при построении моделей процесса индивидуальной реабилитации используется идентифицирующая функция [3]. Имеется три оценки степени индивидуального развития: $x(0)$, $x(1)$ и $x(2)$. Моделирование процессов реабилитации проводится по следующему алгоритму.

1. Строится идентифицирующая матрица:

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ x(0) & x(1) & - & - \\ \alpha_1(0) & - & - & - \\ - & - & - & - \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где – 1 строка содержит значения индикаторной функции, описывающей действие программы реабилитации:

$$u(t) = 1(t) = \begin{cases} 1, & \text{если действует ИПР;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Нулевая строка состоит из значений оценок степени индивидуального развития.

$$\alpha_1(0) = 1 - \frac{x(1)}{x(0)}, \quad \alpha_1(1) = 1 - \frac{x(2)}{x(0)},$$

$$\alpha_2(0) = \frac{x(1)}{x(0)} - \frac{\alpha_1(1)}{\alpha_1(0)}. \quad (2)$$

2. Первый столбец матрицы позволяет найти идентифицирующую функцию (ИФ) объекта:

$$G_{SP}(z) = \frac{x(0)}{1 + \frac{\alpha_1(0)z^{-1}}{1 + \alpha_2(0)z^{-1}}} = \frac{x(0)(1 + \alpha_2(0)z^{-1})}{1 + (\alpha_1(0) + \alpha_2(0))z^{-1}}. \quad (3)$$

Идентифицирующая функция порождает математическую модель в форме разностного уравнения:

$$x(n) = x(0)u(n) + \alpha_2(0)u(n-1) - (\alpha_1(0) + \alpha_2(0))x(n-1). \quad (4)$$

Рассчитывается коэффициент передачи полученной ИФ:

$$k = G(1;1) = \frac{x(0)(1 + \alpha_2(0))}{1 + (\alpha_1(0) + \alpha_2(0))}. \quad (5)$$

Коэффициент передачи полученной ИФ характеризует максимально возможное значение степени индивидуального развития, что является дополнительной оценкой эффективности ИПР. В случае эффективной ИПР коэффициент передачи ИФ будет больше $x(0)$, т. е. разность $k - x(0) > 0$.

Модельные исследования процессов социальной реабилитации показали, что процесс реабилитации обладает инерционностью, поэтому для него можно определить максимально ожидаемый результат реабилитационных воздействий. Инерционность также позволяет делать краткосрочные прогнозы развития ребенка, что повышает информированность процесса реабилитации [1; 2; 5].

Рассмотрим применение математических моделей для оценки действия программы реабилитации, реализуемой для детей «группы риска» в условиях социально-реабилитационных центров. Для этого целесообразно ввести двухуровневую систему оценки эффективности ИПР.

Уровень 1. Использование интернет-сервиса МИПР, получение оценки степени индивидуального развития и коэффициента действия ИПР на каждом этапе реабилитации. Качественная оценка эффективности ИПР.

Уровень 2. Построение математической модели процесса реабилитации. Оценка действия ИПР в постреабилитационный период.

Апробацию системы оценки эффективности ИПР проведем с использованием реальных данных, полученных при реализации двухэтапного процесса реабилитации в условиях социально-реабилитационного центра (СРЦ). Измерения индивидуального развития проводились в начале реабилитационного периода (начальные замеры), спустя 3 месяца (промежуточный мониторинг) и по окончании срока реабилитации (итоговый мониторинг) по 16 различным показателям.

Пример 1. Ребенок 16 лет. Проходил социальную реабилитацию в СРЦ в течении 6 месяцев. С помощью интернет-сервиса МИПР получены следующие оценки: $x(0) = 0,5$; $x(1) = 0,61$; $x(2) = 0,66$. $k_{ипр}(1) = 0,18 > 0$ (ИПР эффективна); $k_{ипр}(0) = 0,07 > 0$ (ИПР эффективна).

Построим математическую модель исследуемой ИПР, используя приведенный алгоритм (1 – 5).

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0,5 & 0,61 & 0,66 \\ -0,22 & -0,31 & - \\ -0,21 & - & \end{pmatrix} \quad (6)$$

$$G_{SP}(z) = \frac{0,5}{1 - \frac{0,22z^{-1}}{1 - 0,21z^{-1}}} = \frac{0,5(1 - 0,21z^{-1})}{1 - 0,43z^{-1}}. \quad (7)$$

$$x(n) = 0,5u(n) - 0,21u(n-1) + 0,43x(n-1). \quad (8)$$

$$k = G(1;1) = \frac{0,5(1 - 0,21)}{1 + (-0,22 - 0,21)} = 0,69. \quad (9)$$

Предположив, что действие ИПР продолжается в постреабилитационный период, используя модель (8), смоделируем изменение оценки степени индивидуального развития (рис. 1).

Значение разности коэффициента передачи ИФ и начального значения оценки степени индивидуального развития $k - x(0) > 0$, следовательно, при реализации данной ИПР наблюдается рост оценки степени индивидуального развития ребенка. Можем утверждать, что данная ИПР эффективна.

Рассмотрим случай, когда ИПР эффективна на первом этапе и неэффективна на втором.

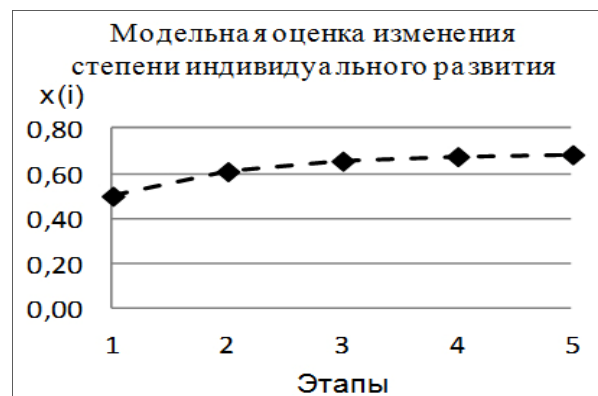


Рис. 1. Изменение оценки степени индивидуального развития при продолжении ИПР

Пример 2. Ребенок 12 лет. Проходил социальную реабилитацию в СРЦ в течение 6 месяцев. С помощью интернет-сервиса МИПР получены следующие оценки: $x(0) = 0,72$; $x(1) = 0,75$; $x(2) = 0,73$.

$k_{ипр}(1) = 0,04 > 0$ (ИПР эффективна);

$k_{ипр}(2) = -0,02 < 0$ (ИПР неэффективна).

Оценить общий результат воздействия ИПР, используя только коэффициент $k_{ипр}$, в данном случае невозможно.

Проведем моделирование процесса изменения индивидуального состояния в процессе реабилитации, используя алгоритм (1 – 5).

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0,72 & 0,75 & 0,73 \\ -0,04 & -0,01 & - \\ 0,80 & - & \end{pmatrix}. \quad (10)$$

$$G_{SP}(z) = \frac{0,72(1+0,8z^{-1})}{1+0,76z^{-1}}. \quad (11)$$

$$x(n) = 0,72u(n) + 0,8u(n-1) - 0,76x(n-1). \quad (12)$$

$$k = G(1;1) = \frac{0,72(1+0,8)}{1+(-0,04+0,8)} = 0,74. \quad (13)$$

Предположив, что действие ИПР продолжается в постреабилитационный период, используя модель (12), смоделируем изменение оценки степени индивидуального развития (рис. 2).

В данном примере $k - x(0) > 0$, поэтому можно сделать вывод, что в целом влияние ИПР на ребенка является положительным: оценка степени индивидуального развития возрастает в процессе реабилитации.

Рассмотрим случай, когда ИПР неэффективна на первом этапе и эффективна на втором.



Рис. 2. Изменение оценки степени индивидуального развития при продолжении ИПР

Пример 3. Ребенок 14 лет. Проходил социальную реабилитацию в СРЦ в течении 6 месяцев. С помощью интернет-сервиса МИПР получены следующие оценки: $x(0) = 0,59$; $x(1) = 0,55$; $x(2) = 0,61$.

$k_{ИПР}(1) = -0,09 < 0$ (ИПР неэффективна);

$k_{ИПР}(2) = 0,1 > 0$ (ИПР эффективна).

В данном случае, как и в примере 2, оценить общий результат воздействия ИПР используя только коэффициент $k_{ИПР}$, невозможно.

Проведем моделирование процесса изменения индивидуального состояния в процессе реабилитации, используя алгоритм (1 – 5).

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0,59 & 0,55 & 0,61 \\ 0,08 & -0,03 & - \\ 1,25 & - & \end{pmatrix}. \quad (14)$$

$$G_{SP}(z) = \frac{0,59(1+1,25z^{-1})}{1+2,05z^{-1}}. \quad (15)$$

$$x(n) = 0,59u(n) + 1,25u(n-1) - 2,05x(n-1). \quad (16)$$

$$k = G(1;1) = \frac{0,59(1+1,25)}{1+(0,08+1,25)} = 0,57. \quad (17)$$

Предположив, что действие ИПР продолжается в постреабилитационный период, используя модель (16), смоделируем изменение оценки степени индивидуального развития (рис. 3).



Рис. 3. Изменение оценки степени индивидуального развития при продолжении ИПР

Для данного процесса разность $k - x(0) < 0$, поэтому можно сделать вывод, что не наблюдается роста оценки степени индивидуального развития и в целом ИПР не эффективна.

Заключение

Результаты исследования показали, что разработанная двухуровневая система анализа эффективности процесса реабилитации на основе его математической модели позволяет оценить эффективность воздействия реабилитационных мероприятий на ребенка не только во время реабилитации, но также и в постреабилитационный период. Использование предложенного подхода к оценке ИПР в деятельности учреждений социальной сферы повысит информативность принимаемых решений, позволит увеличить эффективность работы с детьми «группы риска».

Литература

1. Карташов, В. Я. Модели механизма и процесса социальной реабилитации (на примере детей «группы риска») / В. Я. Карташов, Т. А. Хорошева // Управление большими системами. – Вып. 24. – М.: ИПУ РАН, 2009. – С. 187 – 215.
2. Карташов, В. Я. Управление процессом социальной реабилитации: монография / В. Я. Карташов, А. И. Юдина, Т. А. Хорошева. – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2010. – 106 с.
3. Идентифицирующая функция и ее свойства / В. Я. Карташов [и др.] // Сборник научных трудов VII Всероссийской научно-практической конференции «Системы автоматизации в образовании, науке и производстве – AS2009». – Новокузнецк, 2009.
4. Мониторинг индивидуальных программ развития. – Режим доступа: <http://mipr.kemsu.ru/> (дата обращения: 27.03.2013).
5. Хорошева, Т. А. Математическое моделирование и оценка эффективности процесса социальной реабилитации детей «группы риска»: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Т. А. Хорошева. – Кемерово, 2009. – 20 с.

Информация об авторах:

Хорошева Татьяна Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации исследований и технической кибернетики КемГУ, tkhorosheva@yandex.ru.

Tatiana A. Khorosheva – Candidate of Technical Science, Assistant Professor at the Department of Automation Research and Technical Cybernetics, Kemerovo State University.

Дударь Екатерина Сергеевна – магистрант кафедры автоматизации исследований и технической кибернетики КемГУ, mf-des@mail.ru.

Ekaterina S. Dudar – Master's Degree student at the Department of Automation Research and Technical Cybernetics, Kemerovo State University.

Колесова Алина Константиновна – магистрант кафедры автоматизации исследований и технической кибернетики КемГУ, alinakoles@mail.ru.

Alina K. Kolesova – Master's Degree student at the Department of Automation Research and Technical Cybernetics, Kemerovo State University.