

УДК 62-50:519.7

Применение динамического программирования при автоматизированном обучении операторов управления воздушным движением

Г.Н. Лебедев, Ву Суан Дык

Аннотация

Рассматривается задача обучения простым и сложным навыкам при формировании плана обучения с учетом индивидуальных особенностей обучаемых. Показана возможность автоматизация обучения в компьютерном классе

Ключевые слова

Компьютерные системы; математические модели; индивидуальное обучение; параметрическая оптимизация.

Введение.

При обучении простым и сложным навыкам в компьютерном классе имеет смысл индивидуализировать распределение времени на их освоение с учетом способности каждого обучаемого и сложности самих навыков. Эта способность, прежде всего, зависит от качества обучения или «успеваемости» на предыдущих этапах и от степени деградации умения со временем.

Целью данной работы является раскрыть механизм оптимизации в расчете на индивидуальное обучение.

Ставится задача оптимального распределения времени на освоение простых и сложных навыков при заданном общем времени обучения.

Выбор математической модели оценки качества освоения навыков и анализ особенностей оптимизации обучения.

Учетом наиболее важные факторы, влияющие на освоение одного навыка:

- Скорости освоения и забывания навыков;

• Уровень освоения предшествующих навыков, на которых базируется рассматриваемый;

Уровень освоения любого навыка, естественно, постепенно растет и достигает своего максимума при увеличении времени обучения. Опыт обучения операторов управления подвижным объектом [2] показывает, что интересующая нас зависимость имеет различный характер с учетом сложности осваиваемого навыка.

Для простых навыков наиболее приемлемой моделью является экспоненциальная зависимость вида (рис. 1):

$$x_i(t) = (1 - e^{-\alpha_j t_j})^{q_j}; i = 1..n \quad (1)$$

где $x_i(t)$ - нормированная оценка качества обучения, когда максимальный уровень освоения принят за единицу, t_j - отведенное время на обучение, α_j - персональный показатель скорости освоения простого навыка, подлежащий идентификации, $q_j < 1$ - показатель степени, меняющийся в зависимости от индивидуальных особенностей обучаемого.

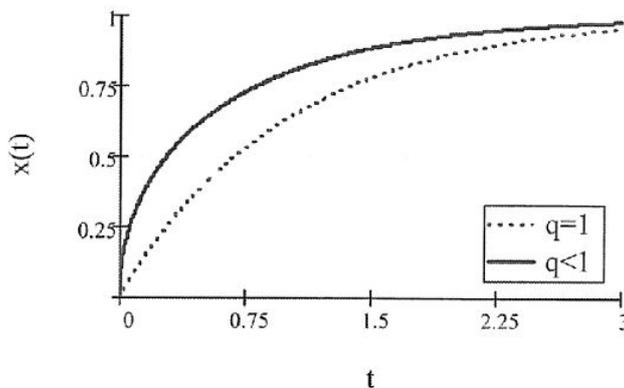


Рис. 1. График функции экспоненциальной зависимости.

Из рис. 1 видно, что скорость освоения вначале велика (чем меньше q_j , тем она больше), а потом по мере обучения она падает, и дальнейшая трата времени становится неэффективной.

Для сложного навыка характерны низкая скорость освоения вначале, максимальная скорость в середине и убывание скорости при подходе к максимальному уровню, как показано на рис. 2.

Логистический характер для сложного навыка может быть представлен формулой [2]:

$$y_k = (1 - e^{-\beta_j t_j})^{p_j}; k = 1..m \quad (2)$$

где y_k - нормированная оценка качества обучения, t_j - отведенное время на обучение, β_j - персональный показатель скорости освоения сложного навыка, подлежащий идентификации, $p_j \geq 1$ - персональный показатель степени, увеличение которого подчеркивает логистический характер обучения.

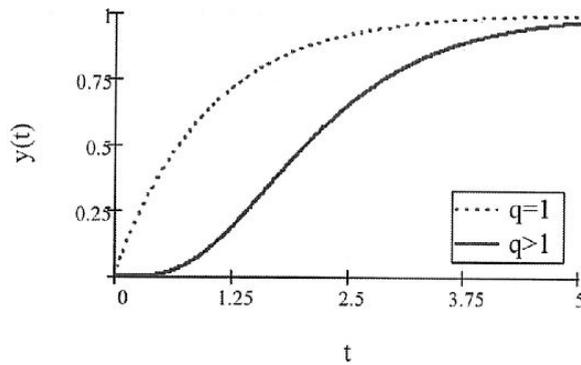


Рис. 2. График функции логистической зависимости.

Применение динамического программирования для выбора режима обучения

В данной работе задача обучения на тренажере решается при следующих допущениях:

1. Динамика освоения и забывания каждого навыка описывается с помощью экспоненциальных моделей роста и снижения качества обучения, чему соответствуют дифференциальные уравнения первого порядка

$$\dot{x}_i = \begin{cases} \alpha_i (1 - x_i) & \text{— при освоении} \\ -\theta_i x_i & \text{— при забывании} \end{cases} \quad (3)$$

Где x_i , $i = 1..n$ - нормированный показатель качества освоения i -того навыка, лежащий в пределах $[0,1]$, α_i - показатель скорости освоения навыка, θ_i - показатель скорости его забывания ($\theta_i < \alpha_i$)

2. На данном этапе работы рассматриваются только два чередующихся навыка, т.е. $n = 2$. Общий период T обучения двум навыкам задан.

3. Критерием J оптимальности обучения на тренажере является суммарная оценка качества освоения двух навыков в виде нелинейной сверки

$$J = k_1 [x_1(T) + x_2(T)] + k_2 [x_1(T) \cdot x_2(T)] \rightarrow \max \quad (4)$$

где k_1 и k_2 - заданные весовые коэффициенты,

4. Требуется определить такой алгоритм альтернативного переключения при освоении одного навыка на другой, чтобы терминальный критерий J достиг за заданное время T максимума.

Поскольку динамика качества освоения навыков имеет дифференциальную форму (3), воспользуемся динамическим программированием для решения поставленной задачи [1].

Тогда можно получить условие оптимальности в виде уравнения Беллмана в частных производных

$$-\frac{\delta \varepsilon}{\delta t} \min_{j=1,2} \left\{ \dot{x}_1^{(j)} \frac{\delta \varepsilon}{\delta x_1} + \dot{x}_2^{(j)} \frac{\delta \varepsilon}{\delta x_2} \right\} \quad (5)$$

где ε - функция Беллмана, которую можно аппроксимировать степенным полиномом второго порядка.

Условие (5) позволяет приближенно найти функцию переключения навыков и сделать следующий вывод: оптимальное решение в форме динамического программирование является наиболее компактным при дальнейшем рассмотрении большего числа навыков, а правило переключения определяется не временем, а текущими оценками x_i , что удобно при автоматизации обучения в компьютерном классе при использовании группы тренажеров.

На рис. 3 представлена линия переключения навыков, построенная из результата компьютерных расчетов при $\tau = 40, \alpha_1 = 0.01, \alpha_2 = 0.02, \theta_1 = 0.007, \theta_2 = 0.014, k_1 = 1, k_2 = 10$

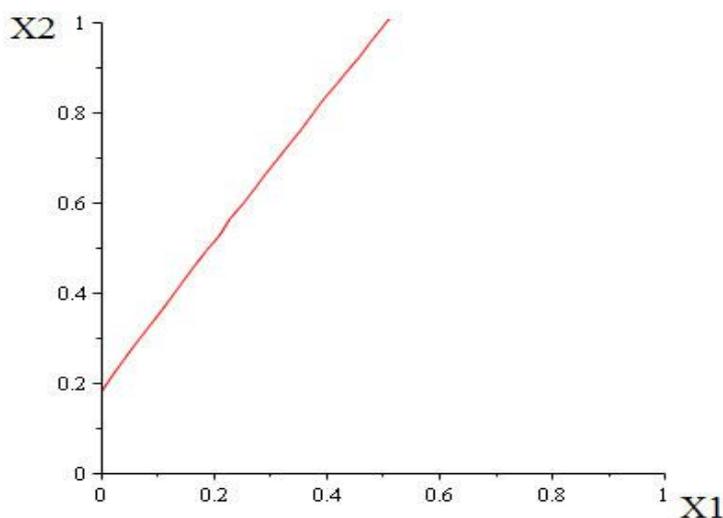


Рис. 3. Функция переключения с одного навыка на другой

Ниже на рис. 4 приведены результаты моделирования процесса обучения двум навыкам при:

$$\alpha_1 = 0,02; \alpha_2 = 0,04; \theta_1 = 0,01; \theta_2 = 0,02;$$

$$T = 100 \text{ ч.}; \text{ шаг } \Delta t = 1 \text{ ч.}; k_1 = 1; k_2 = 1; \theta = 0$$

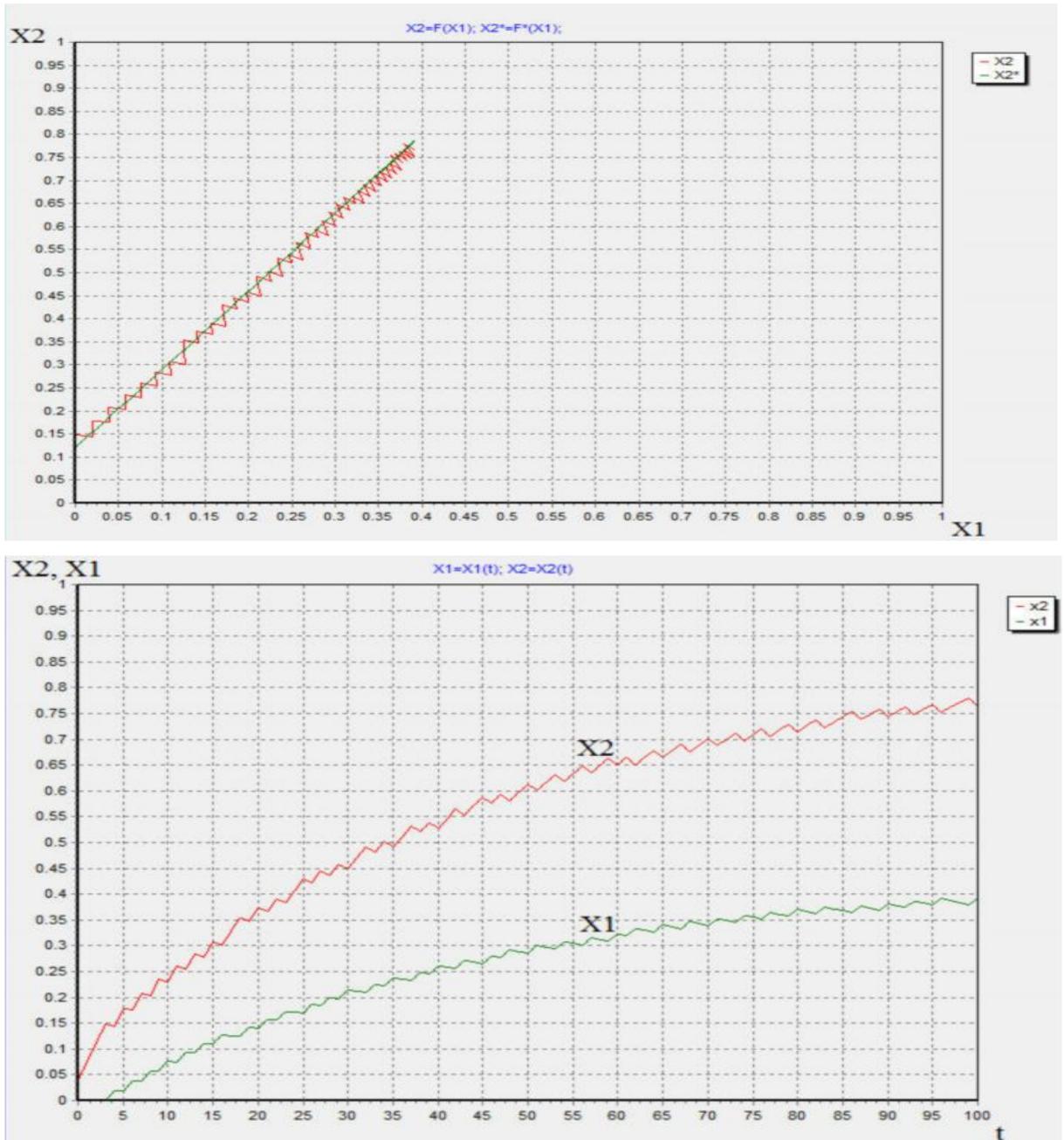


Рис. 4. Результаты моделирования процесса обучения двум навыкам

В конце обучения ($T = 100 \text{ ч.}$): $x_1(T) = 0,39$; $x_2(T) = 0,76$ тогда итоговый уровень подготовки $J = 4,15$. При этом дальнейшее обучение становится неэффективным и не требуется заниматься этими навыками, а нужно осваивать другие.

Заключение.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Показана возможность повышения уровня параллельного освоения простых и

сложных навыков путем чередования и оптимизации планов индивидуального обучения, что приводит к снижению стоимости времени достижения нужного уровня подготовки специалистов.

2. Показано, что максимальный достигаемый уровень освоения каждого навыка зависит от индивидуальных способностей обучаемого лица, после чего целесообразно остановить это процесс и перейти к другому этапу обучения

3. Дополнительный рост эффективности компьютерного обучения может быть достигнут за счет выделения специального времени на повторение закрепленных навыков для усиления взаимосвязи между последовательными этапами обучения.

Библиографический список

1. Беллман Р. Динамическое программирование. М., ИИЛ, 1961 г.
2. Глазов Б.И. Параметрический поиск и особенности практического применения шумоподобных сигналов. М., ВА им. П. Великого, 1974.
3. Горькова В.И. и др. Закономерности роста и старения научно-технической информации и их использование в работе информационных органов. Наука, информация, производство. М., ВИНТИ, 1978.
4. Гаас С. Линейное программирование. М, Физматгиз, 1961.
5. Лебедев Г.Н. и др. Теория оптимальных систем. М., МАИ, 1999.

Сведения об авторах

Лебедев Георгий Николаевич, профессор Московского авиационного института (государственного технического университета), д.т.н.

125212 Москва, ул. Адмирала Макарова, 14, кв. 67; тел.: (495) 452-09-34; e-mail: kaf301@mai.ru

Бу Суан Дык, аспирант Московского авиационного института (государственного технического университета).

125480 Москва, ул. Вилиса Лациса, 14, кв. 1107; тел. 7-926-172-55-56; e-mail: ducmoscow@yahoo.com