

П.П. Дьячук, Ю.С. Николаева, Л.В. Пустовалов

Система, управляющая процессом поиска решения задач в условиях ограничений на ресурсы

Рассмотрена компьютерная система управления поиском решения задач. Предполагается, что ресурсы, определяющие объемы уже выполненных обучающим работ, условно отражают накопленный «опыт». Сформулирована и решена задача об оптимальном управлении учебной деятельностью. Эксперимент позволил построить кривые обучения.

A computer control system of the search for solving the tasks is considered. It is assumed that the resources which define the volumes of the work executed by a trainee conditionally reflect the accumulated «experience». The task of the optimum control of educational activity is formulated and solved. The experiment made it possible to construct the learning curves.

Розглянуто комп'ютерну систему управління пошуком розв'язання задач. Передбачено, що ресурси, які визначають обсяги виконаних учнем робіт, умовно відображають накопичений ним «досвід». Сформульовано та розв'язано задачу про оптимальне управління навчальною діяльністю. Експеримент дозволив побудувати криві процесу навчання.

Введение. Учебная деятельность всегда направлена на получение субъективно нового (для каждого конкретного обучающегося) опыта. Чаще всего приобретенный опыт выражается в том, что обучающийся со временем начинает безошибочно решать задачи или проблемы. Обычно этот процесс носит итеративный характер [1] и связан с проблемой поиска решения задач в пространстве состояний. Подход, основанный на понятии пространства состояний, возник при разработке систем искусственного интеллекта (ИИ). В системах ИИ [1, 2] проблема поиска решения задач состоит в нахождении алгоритма и соответствующей программы поиска допустимого пути в пространстве состояний из начального в целевое.

Поиск решения задач в пространстве состояний

В настоящей статье предлагается использовать этот подход для организации процесса обучения решению задач не искусственного, а естественного разума, осуществляющего реальный поиск решения задачи в пространстве состояний. Для этого используются возможности информационных технологий, позволяющих отобразить пространство состояний задачи в виде множества ситуаций и задать функцию определения преемника системой кнопок. Нажатие кнопки соответствует тому или иному действию, которое переводит задачу из текущей ситуации в следующую. Последовательность действий и соответственно ситуаций в графовом представлении можно рассматривать как путь

обучающегося в процессе поиска решения задачи. При этом, он не обязательно должен быть оптимальным. Однако по мере научения путь, проходимый обучающимся, приближается к оптимальному, т.е. со временем его деятельность становится безошибочной. В подходе, использующем пространство состояний, предполагается существование счетного множества S состояний и множества O операторов, отражающих состояния множества S в себя. Решение задачи рассматривается как передвижение в пространстве, определяемом множеством этих состояний, с целью достигнуть желаемое множество целевых состояний. Задача решена, когда найдется такая последовательность операторов

$$O = O^{(1)}, O^{(2)}, \dots, O^{(k)}, \quad (1)$$

что

$$S_g = O^{(k)} \left(O^{(k-1)} \left(\dots O^{(2)}(S_0) \right) \right), \quad (2)$$

где S_0 – некоторое состояние из множества начальных состояний, а S_g – из множества целевых состояний.

На рис. 1. представлен граф пространства состояний задачи по преобразованию линейной функции $y = kx + b$. Из рисунка следует, что пространство состояний задачи конструирования графика линейной функции представляет собой граф, вершины которого находятся в узлах квадратных решеток. Каждой вершине соответствует два числа (k, b) . Первое число соответствует k – тангенсу угла наклона графика, второе число – b показывает, насколько поднят

или опущен график вдоль оси Oy линейной функции. Квадратные решетки соответствуют разным знакам k .

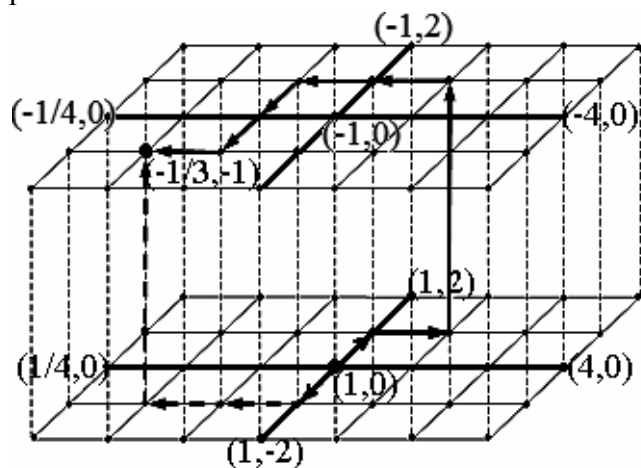


Рис. 1. Граф пространства состояний решения задачи по преобразованию графика линейной функции из начального состояния $(1,0)$ в целевое $(-1/3, -1)$

Любая вершина графа может быть начальным состоянием графика линейной функции, так же как и любая вершина может служить целевым состоянием. Штриховая линия показывает оптимальную траекторию перехода из начального состояния в целевое. Если положить, что действия имеют стоимость, равную единице, то оптимальная траектория имеет длину или «стоимость», равную четырем. Сплошная линия показывает неоптимальную траекторию перехода из начального в целевое состояние. Обучающийся в самом начале своей деятельности выполнил два неправильных действия и удался от целевого состояния на шесть действий. Длина этой траектории равна восьми. На рис. 2. приведены графики оптимальной и неоптимальной траекторий деятельности обучающихся. Вертикальная ось Z задает номер состояния задачи, i – номер действия. Расстояние до цели определится как $N = Z - Z_0$ (где Z_0 – минимальное расстояние между начальным и целевым состояниями задачи).

Управление учебной деятельностью с ограничением на ресурсы

Применим подход поиска решения задач обучающимися в пространстве состояний в компьютерной системе управления учебной деятельностью при научении решению задач. В от-

личие от [3], где рассматриваются компьютерные системы управления учебной деятельностью без ограничения на ресурсы, наложим такие ограничения: количество учебных действий Y ; время их выполнения T .

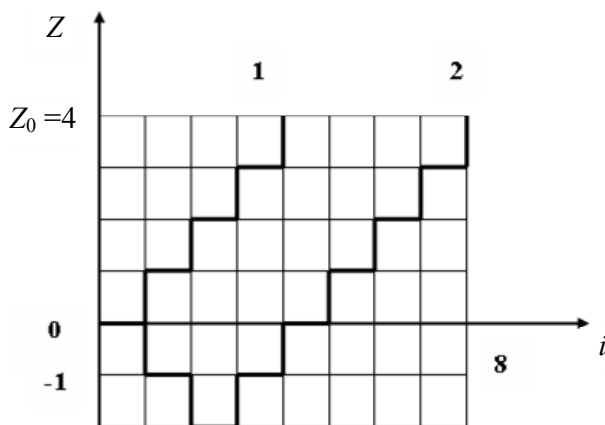


Рис. 2. Траектории деятельности: 1 – оптимальная траектория – четыре действия; 2 – неоптимальная траектория – восемь действий

Если воспользоваться приближением равных «стоимостей» действий [1], то ресурс Y можно рассматривать как сумму денег, которую имеет обучающийся на начало учебной деятельности. Каждое выполняемое действие уменьшает эту сумму на единицу, независимо от правильности или неправильности действия. Задача обучающегося состоит в минимизации затрат ресурса Y , т.е. перехода в процессе научения к оптимальным траекториям деятельности по поиску целевого состояния. Рассматривая организацию учебной деятельности, в которой полезным результатом является максимум правильных действий, можно выделить две ситуации. *Первая* – соответствует случаю, когда ресурс Y выделяется на каждую итерацию (или период работы) отдельно, во *втором* случае, ресурс Y выделяется на весь процесс итеративного научения [4]. Итерация под номером i соответствует i -му периоду работы или i -заданию.

В настоящей статье анализируется только первый случай. Обозначим Y_i – ресурс, определяющий количество учебных действий в i -м периоде времени для обучающегося. Минимальное число действий, требуемых для решения задач в i -м периоде, обозначим Z_i . Если интер-

претировать тип обучающегося (уровень навыка) $R_i \in [0; 1]$ как долю успешных действий обучающегося, то, выполняя в i -периоде объем работ $Y_i^* \leq Y_i$ за время T_i , обучающийся достигнет результата $Z_i^* = R_i Y_i^*$, при этом $Z_i^* \rightarrow Z_i$.

Результат деятельности обучающегося – суммарный объем работ, успешно выполненных им за k периодов времени,

$$Z_k = \sum_{i=1}^k Z_i^* . \quad (3)$$

С другой стороны, обучающимся выполнен большой объем (успешных и неуспешных) действий:

$$Y^k = \sum_{i=1}^k Y_i^* . \quad (4)$$

Этот объем учебных действий условно, по мнению автора работы [4], можно считать тем «опытом», который приобрел обучающийся. В модели фигурируют три «макропараметра»: объем учебных действий Y_i^* , совершенных в i -й период T_i и соответствующий результат Z_i^* . Искомая переменная – «траектория обучения» R_i .

Для того, чтобы обучающийся мог изменять свое внутреннее состояние и, таким образом, перестраивать свою деятельность в процессе научения решению задач, необходимо, чтобы компьютерная система управления обеспечивала дополнительные петли обратной связи, дающие обучающемуся информацию: о протекании процесса поиска решения текущей задачи; о состоянии имеющихся ресурсов; о функции ценности состояния обучающегося. Эта информация подается на вход обучающемуся посредством соответствующих датчиков:

- «расстояние до цели»;
- расхода ресурсов;
- значений функции ценности состояния обучающегося.

Кроме информационных и мотивационных управлений, в системе имеется внедренный «агент», который может активно вмешиваться в деятельность обучающегося, совершая, как и

обучающийся, те или иные действия. Воздействия внедренного агента носят институциональный характер.

Датчик «расстояние до цели» относится к информационному управлению, которое не препятствует совершению неправильных действий. Частота появления датчика изменяется согласно результатам деятельности обучающегося [3]. Кроме подсистемы, осуществляющей информационные управления, в системе имеется подсистема институциональных управлений. Если обучающийся в процессе работы так расходовал свой ресурс Y_i , что остатка ресурса хватает только на то, чтобы дойти до цели и при этом не сделать ни одной ошибки, то, следуя принципу последовательности, система управления включает институциональные управляющие воздействия. Деятельность подсистемы информационных управляющих воздействий сменяется деятельностью подсистемы институциональных управляющих воздействий. Как указано в работе [5], институциональные управляющие воздействия это целенаправленное ограничение множества возможных действий обучающегося. Возможно, что первыми управляющими воздействиями, формирующими поведение ребенка, являются институциональными. Они устраняют неправильные действия и не позволяют ребенку совершать действия, которые могут нанести ему вред. Принимают решение об этих управляющих воздействиях родители, которые с этой целью должны постоянно наблюдать за поведением ребенка и незамедлительно отменять или устранять его ошибочные действия. Очень часто ребенка туго пеленают или помещают в вольер, ограничивая его активность. Подобного рода институциональные воздействия формируют поведение человека на нижних кодах, т.е., минуя сознание, отрицательная реакция среды сразу попадает в подсознание. По мере взросления ребенка подобного рода управления применяются все реже, уступая место информационным воздействиям. Однако в ситуациях, когда действия обучающегося угрожают его здоровью и носят роковой характер, подобного рода институциональные управления могут применяться. Например, инструктор по вожд-

дению автомобиля или самолета, наблюдая за действиями обучающегося, оказывает мягкие информационные воздействия, давая возможность обучающемуся совершать действия, не вмешиваясь непосредственно в процесс. Однако, как только обучающийся начинает совершать действия, которые могут привести к роковым последствиям, инструктор немедленно отменяет или устраняет эти неправильные действия.

Множество возможных действий обучающегося можно представить состоящим из подмножества правильных действий (приближающих к цели) и подмножества неправильных действий (удаляющих от цели). В предлагаемой компьютерной системе институциональное воздействие направлено на запрет (устранение) неправильных действий, т.е. система разрешает только правильные действия, попытки совершить неправильные действия тут же пресекаются или устраняются. После того, как обучающийся исчерпал свой ресурс «свободы» и не дошел до цели, включается, как уже упоминалось, подсистема институционального управления, которая выступает в роли «поводыря» и доводит обучающегося до цели силовым путем.

Каждое действие обучающегося фиксируется системой управления и записывается в специальный протокол. По достижении цели или исчерпанию ресурсов система вычисляет долю успешных действий: $R_i = \frac{Z_i^*}{Z_i}$ и строится кри-

вая научения (рис. 3). Для запуска процесса научения в первом периоде работ ресурс $Y_1 = Z_1$, а ресурс времени T_1 определяется по факту завершения работы. Для второго и последующих периодов работы ресурсы вычисляются рекуррентным образом

$$Y_{i+1} = Z_i + Y_i^* \left(1 - \frac{Z_i^*}{Z_i}\right), \quad (5)$$

$$T_{i+1} = T_{i+1} \frac{T_i^*}{Y_i^*}, \quad (6)$$

где Z_i^* – фактическое количество успешных действий, T_i^* – фактически затраченное время.

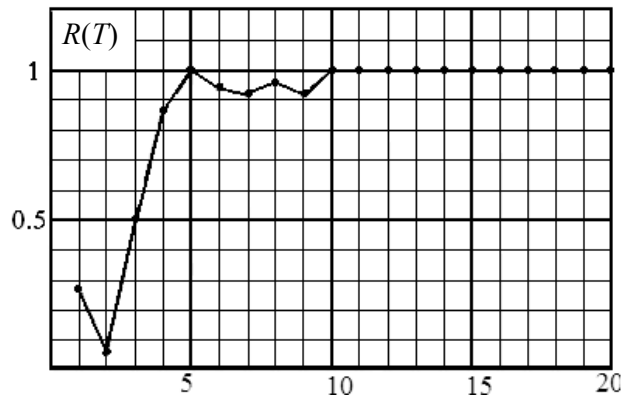


Рис. 3. Кривая научения

Предельный переход $Z_i \rightarrow Z_i^*$ означает, что количество фактически совершенных правильных действий меньше, чем необходимо для решения задач. Полное решение задачи может не состояться ввиду нехватки временного ресурса T_1 . Но если временного ресурса достаточно, то, используя институциональное управление, система может принудить обучающегося использовать ресурс Y_i так, что он обязательно придет в целевое состояние. Поэтому, если фактическое количество правильных действий будет меньше необходимого, то это будет связано с нехваткой временного ресурса T_1 .

По мере научения, ошибочные действия будут совершаться все реже. Когда Y_i станет равным Z_i , в течение нескольких периодов подряд, то можно сделать вывод о том, что обучающийся научился решать поставленные задачи в условиях оптимальных ресурсов. На рис. 4. показана экспериментальная зависимость Y_i от i .

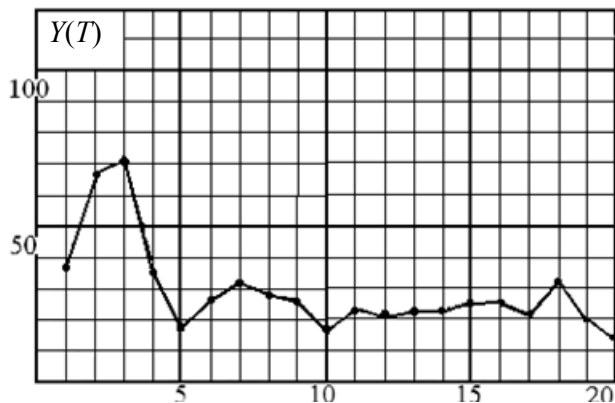


Рис. 4. Зависимость Y_i от номера периода работы. Горизонтальная ось – номер периода научения или работы T

Окончание на стр. 79

В предлагаемых компьютерных системах управления вследствие наличия дополнительных петель обратной связи деятельность обучающихся саморегулируема и взаимосвязана с проблемной средой и личностью обучающегося [6].

Заключение. Итак, в статье рассмотрена компьютерная система управления поиском решения задач обучающимся в пространстве состояния задачи. В рамках предположения о том, что ресурсы, определяющие объемы уже выполненных обучающимся работ, условно отражают накопленный им «опыт», сформулирована и решена задача об оптимальном управлении учебной деятельностью обучающегося, позволяющим ему регулировать размеры ресурсов: количество действий Y_i и времени T_i , необходимые для оптимального решения задач. Эксперимент позволил построить кривые на-

чения и получить изменение ресурса в этом процессе.

1. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход. – М.: Вильямс, 2006. – 1408 с.
2. Хант Э. Искусственный интеллект. – М.: Мир, 1978. – 558 с.
3. Дьячук П.П., Пустовалов Л.В. Система управления учебной деятельностью обучающегося решению задач // Информационные технологии моделирования и управления. – 2008. – № 6(49). – С. 623–631.
4. Новиков Д.А. Модели обучения в процессе работы // Управление большими системами. – 2007. – 19. – С. 5–22.
5. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. – М.: МПСИ, 2005. – 584 с.
6. Дьячук П.П. Функциональные компьютерные системы управления деятельностью обучающихся решению задач // Информатика и образование. – 2007. – № 7. – С. 102–104.

E-mail: ppyachuk@rambler.ru

© П.П. Дьячук, Ю. Николаева, Л.В. Пустовалов, 2010

