

ЗАМЕТКИ И ПИСЬМА

К РАСЧЕТАМ ДИНАМИКИ НАУЧНЫХ КАДРОВ

М. А. БЕРМАНТ, Л. К. СЕМЕНОВ, М. С. ЭПЕЛЬМАН

(Москва, Ленинград)

Принятая в настоящее время качественная оценка состава и структуры научных кадров базируется по существу на единственном в нашей стране методе определения квалификации научных работников — системе ученых степеней и званий. Поэтому основной задачей подготовки научных кадров является создание такой структуры научно-исследовательских коллективов, при которой соотношение научных работников, имеющих ученые степени и не имеющих их, удовлетворяло бы условиям плодотворной работы и было бы оптимальным с точки зрения наилучшего выполнения поставленных задач.

Найти количественные показатели, которые с максимальным приближением описывали бы процесс научного творчества — задача чрезвычайно трудная. Быстрое развитие науки, влияние и взаимодействие зачастую противоречивых факторов, вероятностный характер многих параметров осложняют поиск путей планового воздействия и управления такой сложной системой, какой является сфера науки. Несмотря на известные трудности, в нашей стране накоплен большой опыт планирования науки и прогнозирования наиболее важных показателей, характеризующих ее развитие. К числу таких показателей относятся научные кадры. За годы советской власти в нашей стране создана самая мощная в мире армия научных работников, успешно решающая многие актуальные проблемы науки. Формирование исследовательских коллективов осуществляется в плановом порядке, на основе пятилетних и годовых планов развития научных работ. Дальнейшее совершенствование системы планирования подготовки научных кадров является важной государственной задачей и поэтому в последнее время к этому вопросу привлечено внимание исследователей.

В данной работе сделана попытка построить модель динамики научных кадров, позволяющую осуществлять управление процессом подготовки, подбора и перераспределения кадров с целью обеспечения планируемого прироста в каждой квалификационной группе. Модель построена на базе изучения динамики научных кадров Академии наук СССР — высшего научного учреждения нашей страны, квалификационную структуру кадров которого можно считать наиболее полно отвечающей задачам успешного проведения фундаментальных исследований в области естественных и общественных наук.

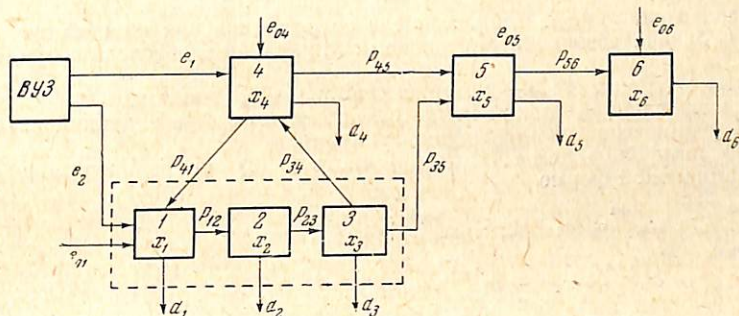
Научный персонал Академии наук СССР по квалификационному признаку подразделяется на три категории: доктора наук (включая академиков и членов-корреспондентов АН СССР), кандидаты наук и научные сотрудники, не имеющие степени. В соотношении этих групп в целом по Академии наблюдается известная стабильность. Так за период 1956—1966 гг. удельный вес каждой группы изменился незначительно: докторов наук с 11 до 9%; кандидатов наук с 38 до 37%; научных сотрудников без степени с 51 до 54%. Возрастание удельного веса группы научных сотрудников, не имеющих ученых степеней, и соответствующее относительное уменьшение двух других групп объясняется более быстрыми темпами роста численности научных сотрудников без степени за счет широкого вовлечения в науку молодежи.

Источниками формирования указанных групп является высшая школа, аспирантура и другие отрасли материального производства и культуры. Источники пополнения каждой группы могут быть внешние (прием в Академию из других организаций) и внутренние (перемещение научных сотрудников из одной группы в другую).

В соответствии с квалификационной структурой научных кадров и источниками их формирования в представленной на рисунке модели имеются 6 блоков. Блок 4 включает наиболее массовую группу научных сотрудников, квалификация которых определяется высшим образованием. В состав этой группы входят младшие научные сотрудники, не имеющие ученых степеней, а также старшие инженеры, инженеры

и научно-технические сотрудники, систематически ведущие научную работу. Удельный вес этой категории работников в общей совокупности научных сотрудников, не имеющих ученых степеней, составляет 20%.

Источниками формирования научных кадров блока 4 являются: непосредственно высшая школа (плановое пополнение молодыми специалистами в соответствии с государственным планом междуведомственного распределения выпускников высших учебных заведений); институт стажеров-исследователей; аспирантура академических институтов. Характерной особенностью указанных источников пополнения, составляющих в последние годы примерно 69% от общего притока научных работников этой группы, является их плановость, что позволяет с достаточным приближением



определять заранее возможное число научных сотрудников, которое поступит в эту категорию в планируемый период. Значительная часть штатов (31%) этой категории работников заполняется приемом из внеакадемических организаций.

Блок 5 включает группу научных сотрудников, имеющих ученую степень кандидата наук и занимающих должности от младшего научного сотрудника до руководителя научного учреждения. Формирование этой группы происходит за счет двух источников: внутреннего — окончившими аспирантуру и соискателями из числа научных сотрудников блока 4; внешнего — кандидатами наук, принятыми со стороны. Наиболее полно можно прогнозировать величину внутренних источников поступления. Из числа оканчивающих аспирантуру 10—12% защищают диссертации в срок и непосредственно переходят из блока 3 в блок 4. Основную массу прироста кандидатов составляют научные сотрудники первой группы (блок 4), защитившие диссертации как после учебы в аспирантуре, так и в порядке «соискательства». Причем за последние годы эти показатели нивелируются. Так за 1965—1967 гг. по Академии наук СССР число защитивших диссертации после учебы в аспирантуре составило 1816 человек, в порядке «соискательства» — 1726 человек (52%). Примерно около 40% прироста блока 5 составляют кандидаты наук, принятые в АН СССР из других организаций.

Блок 6 включает группу научных сотрудников, занимающих должности старших научных сотрудников, заведующих структурными подразделениями (лабораториями, секторами, отделами) в научных учреждениях, и руководителей этих учреждений, имеющих ученую степень доктора наук. Это наиболее квалифицированная часть исследовательского персонала. Соотношение между источниками пополнения этой группы: внешние — 26%; внутренние — 74%.

Блоки 1, 2 и 3 являются по существу единым блоком и означают аспирантуру 1-го, 2-го и 3-го года обучения соответственно.

В блок-схеме (рисунок) приняты следующие обозначения: x_i^n — число сотрудников в i -м блоке ($i = 1, \dots, 6$) к моменту начала n -го планового периода; e_1^{n+1} — число сотрудников, поступающих в блок 4 непосредственно из ВУЗ'а в течение n -го планового периода; e_2^{n+1} — число аспирантов, поступающих в аспирантуру АН СССР из ВУЗ'а в течение n -го планового периода; e_{0i}^{n+1} — число сотрудников, приходящих в i -й блок извне ($i = 1, 4, 5, 6$) в течение n -го периода; a_i^{n+1} — число сотрудников (аспирантов), выбывающих из i -го блока во вне в течение n -го планового периода; p_{ij}^{n+1} — число сотрудников, перемещающихся из i -го блока в j -й блок в течение n -го планового периода.

Предлагаемая модель является линейной. Так, в частности, предполагается, что число переходов p_{45} из блока 4 в блок 5 пропорционально числу сотрудников в блоке 4

$$p_{45}^{n+1} = a_{54}^n x_4^n. \quad (1)$$

Кроме того, предполагается, что появляющиеся вакансии заполняются в течение планового периода (года).

Рассматриваемая дискретная модель управления динамикой кадров описывается системой разностных уравнений вида

$$x^{n+1} = A^n x^n + f^{n+1}, \quad (2)$$

где x^n — вектор, относящийся к n -му плановому периоду, а координаты x_i^n вектора x^n имеют вышеуказанный смысл.

Матрица A^n отражает динамические свойства системы кадров, т. е. характер передвижения кадров в дискретном времени по квалификационным группам. Вектор-функцию f^{n+1} можно рассматривать как «управление» — она отражает прием на работу и увольнение.

Пусть задан ежегодный прирост числа сотрудников для каждой квалификационной группы. Задача состоит в определении управления, обеспечивающего этот прирост.

Элементы матрицы A^n являются случайными величинами. Основным моментом в решении поставленной задачи является прогнозирование значений элементов матрицы A^n по уже известным предыдущим значениям.

На основании блок-схемы (рисунк) систему (2) можно представить в следующей коэффициентной форме

$$\begin{aligned} x_1^{n+1} &= a_{14}^n x_4^n + e_2^{n+1} + e_{01}^{n+1}, \\ x_2^{n+1} &= x_1^n - d_1^{n+1} = a_{21}^n x_1^n, \\ x_3^{n+1} &= x_2^n - d_2^{n+1} = a_{32}^n x_2^n, \\ x_4^{n+1} &= a_{43}^n x_3^n + a_{44}^n x_4^n + e_{04}^{n+1} + e_1^{n+1} - d_4^{n+1}, \\ x_5^{n+1} &= a_{53}^n x_3^n + a_{54}^n x_4^n + a_{55}^n x_5^n + e_{05}^{n+1} - d_5^{n+1}, \\ x_6^{n+1} &= a_{63}^n x_3^n + a_{66}^n x_6^n + e_{06}^{n+1} - d_6^{n+1}. \end{aligned} \quad (3)$$

В случае, когда известны составляющие e_{0i}^{n+1} и d_i^{n+1} управления f^{n+1} и распределение x^n , элементы матрицы A^n вычисляются следующим образом

$$\begin{aligned} a_{14}^n &= \frac{x_1^{n+1} - e_2^{n+1} - e_{01}^{n+1}}{x_4^n}, \\ a_{21}^n &= \frac{x_1^n - d_1^{n+1}}{x_1^n}, \\ a_{32}^n &= \frac{x_2^n - d_2^{n+1}}{x_2^n}, \\ a_{43}^n &= \frac{p_{34}^{n+1}}{x_3^n}, \\ a_{44}^n &= \frac{x_4^{n+1} - p_{34}^{n+1} - e_{04}^{n+1} - e_1^{n+1} + d_4^{n+1}}{x_4^n}, \\ a_{53}^n &= \frac{p_{35}^{n+1}}{x_3^n}, \\ a_{54}^n &= \frac{p_{45}^{n+1}}{x_4^n}, \end{aligned} \quad (4)$$

$$a_{55}^n = (x_5^{n+1} - p_{35}^{n+1} - p_{45}^{n+1} - e_{05}^{n+1} + d_5^{n+1})/x_5^n,$$

$$a_{65}^n = \frac{p_{56}^{n+1}}{x_5^n},$$

$$a_{66}^n = \frac{x_6^{n+1} - p_{56}^{n+1} - e_{06}^{n+1} + d_6^{n+1}}{x_6^n}.$$

Остальные элементы a_{ij}^n матрицы A^n , очевидно, равны нулю. На основе статистических данных, относящихся к блок-схеме (рисунок), с помощью формул (4) вычисляются значения элементов переменной случайной матрицы A^n .

Возможны различные процедуры прогнозирования элементов матрицы A^{n+1} на основании известной предыстории. Например, в качестве оценки значения элемента a_{ij}^{n+1} можно взять значение a_{ij}^n этого элемента на n -м периоде, или среднее значение $\bar{a}_{ij}$ этого элемента за k плановых периодов. Из-за ярко выраженной нестационарности вероятностных распределений элементов матрицы A^n выбор оптимальной процедуры оценки является самостоятельной и довольно тяжелой проблемой.

Теперь задача сводится к следующему. Известны оценки элементов матрицы A^n и распределение x^n , относящиеся к n -му плановому периоду. Управление f^{n+1} в этом случае может быть найдено по формуле

$$f^{n+1} = B^{n+1}x^n - A^n x^n, \quad (5)$$

где диагональная матрица B^{n+1} характеризует заданный процентный прирост на $(n+1)$ -й плановый период. Исходя из найденного значения вектора f^{n+1} , мы будем осуществлять прием на работу и увольнение.

В связи с тем, что нам известны лишь оценки элементов матрицы A^n , будет иметь место небаланс

$$\delta^{n+1} = x^{n+1} - B^{n+1}x^n. \quad (6)$$

Для ликвидации этого небаланса необходимо произвести коррекцию на начальных стадиях $(n+1)$ -го периода.

Чем точнее оценка значений матрицы A^n , тем меньшая коррекция требуется в начале $(n+1)$ -го периода.

Следует отметить, что предлагаемая модель позволяет учесть возможность управления свойствами системы. Целенаправленное изменение элементов матрицы A^n соответствует изменению условий перехода из одного блока в другой. Это изменение может быть вызвано изменением в ту или иную сторону требований при переходе из одной квалификационной группы в другую, изменением стимулирования и т. д. Такое управление, в отличие от управления f , является параметрическим.

Пусть теперь требуется определить управление на k периодов. В этом случае возникает задача многошагового управления. Пусть известно исходное распределение x^n , а также планируемое распределение x^{n+k} на $(n+k)$ -й период. В этом случае легко найти диагональную матрицу C , связывающую эти два вектора

$$x^{n+k} = Cx^n. \quad (7)$$

Исходя из конкретных требований, можно произвести факторизацию матрицы C , в результате которой находятся матрицы B^{n+i} . При этом формула (6) принимает вид

$$x^{n+k} = \prod_{i=1}^k B^{n+i} x^n. \quad (8)$$

Теперь эта задача сводится к решению предыдущей задачи для каждого планового периода.

В заключение следует отметить, что в соответствии с предлагаемым алгоритмом был проведен расчет с целью прогнозирования управления на 1967 г. на основе данных за 1965 и 1966 гг. Хорошее совпадение результатов расчета с фактическими данными подтвердило эффективность данного алгоритма для расчета динамики научных кадров.

Поступила в редакцию
11 III 1968