

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ КАТАСТРОФЫ

УДК 614.879(476.2)

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ
ОБОБЩАЮЩИХ ХАРАКТЕРИСТИК, ПОЗВОЛЯЮЩИХ ОЦЕНИТЬ ВАРИАЦИЮ
СРЕДНЕЙ ГОДОВОЙ ДОЗЫ ВНУТРЕННЕГО ОБЛУЧЕНИЯ**

Д. Н. Дроздов, В. С. Аверин

**Республиканский научно-практический центр радиационной медицины
и экологии человека, г. Гомель**

В работе предложен подход для оценки значимости того или иного критерия в формировании среднегодовой дозы внутреннего облучения жителей сельских населенных пунктов, расположенных на территории радиоактивного загрязнения.

Ключевые слова: факторный признак, вес фактора, доза внутреннего облучения, корреляция, матрица, относительная площадь лесных насаждений, доля объясненной вариации.

**USE OF METHODS OF THE FACTORIAL ANALYSIS FOR REVEALING
THE GENERALIZING CHARACTERISTICS, ALLOWING TO ESTIMATE THE VARIATION
OF THE AVERAGE ANNUAL DOZE OF THE INTERNAL IRRADIATION**

D. N. Drozdou, V. S. Averin

Republican Research Center of Radiation Medicine and Human Ecology, Gomel

In work the approach for an estimation of the importance of this or that criterion in formation of a mid-annual dose of an internal irradiation of inhabitants of the rural settlements located in territory of radioactive pollution is offered.

Key words: a factorial attribute, weight of the factor, a doze of an internal irradiation, correlation, a matrix, the relative area of wood plantings, a share of an explained variation.

Введение

Как показывает международная практика в области обеспечения радиационной безопасности населения, контроль доз облучения населения имеет целый ряд специфических особенностей по сравнению с дозиметрическим контролем персонала и определяется тем, что контингент обследуемых лиц формируется на добровольной основе и носит случайный — *не целенаправленный* характер. В настоящее время стационарная система контроля доз облучения населения построена скорее по административному критерию, который не позволяет учитывать экологические и социально-демографические особенности региона. Поэтому целесообразно проведение мероприятий, направленных на оптимизацию системы контроля доз облучения, посредством создания сети реперов, выбранных с учетом их экологических и социально-демографических особенностей [1].

Радиоэкологические и социально-демографические характеристики населенных пунктов позволяют провести их классификацию и выделить репрезентативные группы, в которых формирование дозовых нагрузок подчиняется

схожим закономерностям, что позволит проводить научно обоснованный выбор реперных объектов дозового мониторинга.

Целью настоящей работы является определение множества признаков, по которым будут оцениваться объекты выборки наиболее существенных факторных признаков, обуславливающих формирование средней годовой дозы внутреннего облучения у жителей сельских населенных пунктов для целей последующей классификации.

Материалы и методы

Прежде чем приступить к непосредственной классификации объектов, необходимо снизить размерность данных, чтобы найти небольшое число факторов-критериев, с помощью которых будет возможно объяснить большую часть варьирования результативного показателя. В данном случае результативным (целевым) признаком являются значения средней годовой дозы внутреннего облучения жителей конкретных населенных пунктов. Данные о дозах внутреннего облучения были получены по результатам СИЧ-обследования жителей южного региона Гомельской области. В качестве множества факторов, обуславливающих форми-

рование средней годовой дозы внутреннего облучения, были выбраны следующие показатели:

- 1) плотность загрязнения территории населенного пункта;
- 2) коэффициенты перехода радионуклидов по цепи «почва – растения»;
- 3) относительная площадь лесных насаждений в окрестностях населенного пункта [2];
- 4) численность постоянно проживающего населения в населенном пункте;
- 5) число хозяйств в населенном пункте;
- 6) демографический потенциал населенного пункта (далее ДП), как характеристика условий текущего состояния и функционирования населенного пункта, определяющего его жизнеспособность [3].

Для целей исследования была сформирована локальная база данных, где по каждому населенному пункту, включенному в исследование, приведены дозиметрические, радиэкологические и социально-демографические показатели. Статистическая обработка данных проводилась с помощью пакета «Statistica» 6.0 (StatSoft-Russia, 1999), использовались методы корреляционного и факторного анализа.

Результаты и их обсуждение

Для оценки множества факторов, обуславливающих дозу внутреннего облучения, для

каждого признака был построен вариационный ряд, в котором значению признака соответствовало значение средней дозы внутреннего облучения по населенному пункту. Таким образом, были сформированы 6 вариационных рядов [4]. В каждом из них по формуле Стердженса были сформированы групповые интервалы [5]. Количество групповых интервалов для каждого признака равно 8. В результате по 6 показателям было сформировано 48 групп. Из таблицы исходных данных было найдено взвешенное среднее значение дозы внутреннего облучения для каждого группового интервала.

В таблице 1 представлены результаты вычислений по каждой из интервальных групп и для каждого признака. Соответствующие факторные признаки обозначены как: плотность загрязнения территории населенного пункта (1), коэффициенты перехода радионуклидов по цепи «почва – молоко» (2), относительная площадь лесных насаждений в радиусе 3 км вокруг населенного пункта (3), численность постоянно проживающего населения в населенном пункте (4), число хозяйств в населенном пункте (5), демографический потенциал населенного пункта (6). В таблице 2 и далее используется данная нумерация факторных признаков.

Таблица 1 — Матрица исходных значений величин взвешенных средних доз внутреннего облучения по групповым интервалам

Фактор-признак	Взвешенная средняя доза внутреннего облучения, мЗв/год							
	групповой интервал							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,32	0,27	0,37	0,34	1,08	0,73	0,54	1,07
2	0,29	0,25	0,37	0,40	0,81	0,41	0,25	0,25
3	0,31	0,32	0,26	0,44	0,36	0,70	0,53	0,61
4	0,58	0,34	0,44	0,24	0,30	0,21	0,34	0,35
5	0,60	0,35	0,45	0,24	0,30	0,23	0,31	0,38
6	0,35	0,39	0,43	0,40	0,45	0,29	0,20	0,24

Для исходных значений взвешенных средних доз внутреннего облучения по групповым интервалам были определены стандартизированные значения факторных признаков по формуле:

$$z_i = \frac{x_i - \bar{X}}{\sigma}, \quad (1)$$

где z_i — стандартизированное значение средней взвешенной дозы внутреннего облучения для i -го группового интервала, относительные единицы;

x_i — значение средней взвешенной дозы внутреннего облучения, представленное для i -го группового интервала, мЗв/год;

\bar{X} — среднее значение дозы внутреннего облучения по всей выборке, мЗв/год;

σ — стандартное отклонение, рассчитанное по всей выборке, мЗв/год.

В результате произведенных расчетов получена матрица стандартизованных значений, а из нее — матрица парных корреляций [5], в которой на главной диагонали расположены единицы и предполагается объяснение полной дисперсии. При этом предполагается, что в результате анализа будет объяснена вся дисперсия изучаемого признака, а не ее некоторая часть [5]. Матрица парных корреляций представлена в таблице 2.

Таблица 2 — Матрица парных корреляций факторных признаков

Факторный признак	1	2	3	4	5	6
1	1,00	0,50	0,51	-0,35	-0,32	-0,22
2	0,50	1,00	-0,16	-0,30	-0,30	0,59
3	0,51	-0,16	1,00	-0,62	-0,58	-0,75
4	-0,35	-0,30	-0,62	1,00	0,99	0,08
5	-0,32	-0,30	-0,58	0,99	1,00	0,11
6	-0,22	0,59	-0,75	0,08	0,11	1,00

Из таблицы 2 видно, что коэффициент корреляции между факторными признаками численности населения (4) и числа хозяйств (5) в населенном пункте составляет 0,99, а между факторными признаками относительной площади лесных насаждений в радиусе 3 км вокруг населенного пункта (3) и демографического потенциала населенного пункта (6) — 0,75. Известно, что при сильной корреляционной связи, с незначительными потерями информации, для описания объектов можно использовать одну из двух сильно коррелированных переменных. В данном случае для первой корреляционной группы такой переменной может быть численность населения, тем более что в отношении второго показателя она имеет определяющее значение [6]. Для второй корреляционной группы: относительная площадь лесных насаждений в радиусе 3 км вокруг населенного пункта (3) и демографический потенциал населенного пункта (6) — мы видим обратную корреляционную зависимость. Кроме того, значение коэффициента корреляции между показателями численности населения (4) и относительной площади лесных насаждений (3), а также числа хозяйств в населенном пункте (5) и относительной площади лесных насаждений (3) имеет отрицательное значение и позволяет предположить наличие следующей тенденции: с увеличением общей площади лесных насаждений уменьшается роль демографического критерия. Данная тенденция позволяет сделать вывод о том, что для характеристики дозы внутреннего облучения более весомым факторным признаком будет являться показатель общей площади лесных насаждений и численности населения, проживающего в населенном пункте. В результате использования матрицы парных корреляций на данном этапе исследования можно исключить такой факторный признак, как демографический потенциал, поскольку он может быть объяснен признаком численности населения, постоянно проживающего в НП (4).

Для оценки дозы внутреннего облучения была проведена процедура факторного анализа. Этот тип анализа позволяет на основе реально существующих связей анализируемых признаков выявить наиболее обобщающие, позволяющие охарактеризовать структуру и механизм развития изучаемого явления. В основе факторного анализа лежит метод сокращения размерности пространства характеристик, т. е. представление объектов не в пространстве размерности, равной числу характеристик, а в двух-, трехмерном пространстве, допускающем анализ визуального представления объектов. Для снижения размерности пространства характеристик наиболее эффективным в данном случае оказался метод главных компонент, который заключается в том, чтобы с помощью матрицы парных корреляций объяснить распределение наблюдаемого признака и охарактеризовать корреляционную связь с наиболее существенными факторами. На практике выделение таких факторов (компонент) производится до тех пор, пока они не будут воспроизводить более 90% общей дисперсии пространства характеристик состояния результирующего признака [7]. В таблице 3 представлена матрица факторного отображения [8]. Для каждого фактора рассчитана его нагрузка, которая представляет собой коэффициент корреляции между результирующим признаком и конкретным фактором. Сумма квадратов факторных нагрузок определяет долю общей объясненной вариации. Для определения достаточного числа факторов были одновременно найдены все факторные нагрузки и рассчитана сумма квадратов по каждому показателю. В таблице 3 доля объясненной вариации представлена в следующей последовательности: сумма квадратов по первому фактору описывает наибольшую долю дисперсии, затем идет сумма квадратов по второму фактору и т. д. Из таблицы 3 видно, что процесс выделения факторов может быть прерван на 3 факторе. Таким образом, при учете трех первых факторов доля объясненной ва-

риации составляет 91%. Этого достаточно, чтобы предположить о структуре пространства

исходных данных и выделить те факторы, которые можно считать главными компонентами.

Таблица 3 — Результат применения метода главных компонент

Факторный признак*	Факторные нагрузки					
	1	2	3	4	5	6
1	-0,17	-0,16	0,96	0,12	0,04	0,00
2	-0,23	0,55	0,50	0,62	-0,01	0,00
3	-0,49	-0,72	0,30	-0,02	0,37	0,00
4	0,98	0,05	-0,17	-0,04	-0,09	0,01
5	0,98	0,08	-0,12	-0,11	0,02	0,01
6	0,02	0,98	-0,08	0,14	0,03	0,00
Доля объясненной вариации	0,38	0,31	0,22	0,06	0,03	0,00

С целью более точной оценки факторного влияния был использован специальный коэффициент уровня информативности (K_u), который выражается формулой 2 [5]:

$$K_i = \frac{\sum_j a^2_j}{\sum_{j=1}^m a^2_j} \quad (2)$$

где $\sum_{j=1}^m a^2_j$ — сумма квадратов всех значений нагрузок элементарных признаков

(j -го) для главной компоненты (латентного фактора);

$\sum_j a^2_j$ — сумма квадратов тех нагрузок (j -го), которые наиболее значимы и формируют название главной компоненты.

В результате окончательных преобразований была получена таблица 4, в которой представлены весовые значения каждого факторного признака, выраженные в процентах.

Таблица 4 — Весовые значения факторных признаков

Факторный признак	Весовое значение, %		
	компонент 1	компонент 2	компонент 3
Плотность загрязнения	1	1	71
Коэффициенты перехода	2	19	19
Относительная площадь лесных насаждений	11	27	7
Численность населения	43	0	2
Число хозяйств	43	0	1
Демографический потенциал	0	53	0

На основании анализа результатов таблицы были сформированы названия главных компонент. Первая компонента может быть объяснена численностью постоянно проживающего населения; вторая компонента обусловлена либо относительной площадью лесных насаждений, либо демографическим потенциалом; третья компонента обусловлена плотностью загрязнения.

Заключение

Таким образом, в настоящей работе предложен подход для оценки значимости того или иного факторного признака в формировании среднегодовой дозы внутреннего облучения жителей. Результаты предложенной процедуры статистического анализа позволяют выявить наиболее существенные факторные признаки, которые могут служить для формирования классификационной модели сельских населенных

пунктов, расположенных на территории радиоактивного загрязнения. В данном случае в качестве наиболее весомых факторных признаков были выделены следующие:

- плотность загрязнения территории (радиологический критерий);
- число жителей населенного пункта (демографический критерий);
- относительная площадь лесных насаждений (экологический критерий).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ильин, Л. А. Радиационная медицина: в 4 т. / редкол.: Л. А. Ильин (гл. ред.) [и др.]. — Москва: ИздАТ, 2002. — Т. 3. — Радиационная гигиена / Л. А. Ильин [и др.]. — 2002. — 475 с.
 2. Ипатьев, В. А. Лес. Человек. Чернобыль. Лесные экосистемы после аварии на Чернобыльской АЭС: состояние, прогноз, реакция населения, пути реабилитации / Институт леса НАН Беларуси; редкол.: В. А. Ипатьев [и др.]. — Гомель, 1999. — С. 207.

3. Проблемы радиационной реабилитации загрязненных территорий / Ю. М. Жученко [и др.]; под ред. В. Ю. Агееца. — Гомель: РНПУП «Институт Радиологии», 2004. — С. 83.

4. Висенберг, Ю. В. Влияние косвенных факторов на дозоформирование в сельских населенных пунктах / Ю. В. Висенберг, Н. Г. Власова // Сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. «Здоровье человека: экологические, педагогические и медицинские аспекты». — Витебск: 17–18 октября 2003. — С. 246–252.

5. Ефимова, М. Р. Общая теория статистики: учеб. / М. Р. Ефимова. — М.: ИНФРА-М, 2006. — 416 с.

6. Ребров, О. Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ «Statistica» / О. Ю. Ребров. — М.: МедиаСфера, 2002. — С. 77

7. Сатаров, Г. А. Многомерное шкалирование и другие методы при комплексном анализе данных / Г. А. Сатаров. — М.: Наука, 1985. — 333 с.

8. Тюрин, Ю. Н. Анализ данных на компьютере / Ю. Н. Тюрин, А. А. Макарова; под ред. В. Э. Фигурнова. — М.: ИНФРА-М, 2003. — 544 с.

Поступила 25.01.2008

УДК 616.44-006-053.2-073.43

КОМПЛЕКСНОЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ В ДИАГНОСТИКЕ РАКА ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Г. Д. Панасюк, С. Н. Никонович, Э. А. Надыров, А. В. Рожко

Республиканский научно-практический центр радиационной медицины
и экологии человека, г. Гомель

Гомельский государственный медицинский университет

Проанализировано 75 эхографических снимков щитовидной железы с гистологически верифицированным диагнозом: «рак». Все больные дети находились на момент Чернобыльской аварии в Гомельской области и проживали в условиях зобной эндемии и действия малых доз радиации, сложившихся после аварии. Полученные в нашем исследовании данные еще раз говорят о сложности дифференциальной диагностики опухолей ЩЖ размером менее 1 см, при которой особое внимание следует уделять таким эхоэмоиотическим признакам, как наличие гипоехогенности и сочетание гипо- и изоэхогенности, неоднородность структуры узлов и наличие одиночных кальцинатов, которые в комплексе с клинико-лабораторными данными позволяют уточнить характер узловых образований у детей.

Ключевые слова: ультразвуковое исследование, дети, рак щитовидной железы, ЧАЭС.

COMPLEX ULTRASONIC INVESTIGATION AT THYROID CANCER DIAGNOSTICS

G. D. Panasiuk, S. N. Nikonovich, A. A. Nadyrov, A. V. Rozko

Republican Research Center for Radiation Medicine and Human Ecology, Gomel
Gomel State Medical University

There were analyzed 75 sonographic thyroid images with histologically verified cancer diagnosis. All sick children were located in Gomel Oblast at the moment of the Chernobyl accident and lived under the conditions of goiter endemia and low doses affect developed after the accident. The obtained data in our research show again the complexity of differential diagnostics of thyroid tumors less than 1 cm at which special attention should be significantly paid to such sonosemiotic signs as presence of hypoechogenicity and a combination of hypo/and iso-echogenicity, heterogeneity of nodules structure and presence of single calcifications which in a complex with clinico-laboratory data allow to specify the character of nodular formations at children.

Key words: ultrasonic investigation, children, thyroid cancer, Chernobyl accident.

Введение

Болезни щитовидной железы (ЩЖ) занимают второе место по распространенности среди всей эндокринной патологии, и 40–50% из них составляют узловые поражения. Потенциально злокачественными являются 4–6% патологических очагов как одиночных, так и при многоузловом поражении щитовидной железы [1].

В настоящее время пальпируемые узловые образования щитовидной железы обнаруживаются у 4–7% населения всего земного ша-

ра, а выявляемость узловой патологии при лучевых методах обследования составляет от 20 до 50%, в то же время при ультразвуковом скрининге — до 67%. В 50% от всех диагностируемых случаев рака ЩЖ у детей и подростков, проживающих на загрязненных радионуклидами территориях России, онкопатология была выявлена в результате проводимых обследований населения с использованием ультразвукового метода исследования, причем значительную долю составляют опухоли менее 1 см [2–4].