

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ГОРНОЙ МЕДИЦИНЕ

Интенсивное освоение горных регионов, происходящее в настоящее время, вызывает переселение значительных контингентов людей, проживающих в равнинных и предгорных районах, в экстремальные условия горной местности. Возможное патогенное действие горного климата на организм человека, с одной стороны, и необходимость активной трудовой деятельности уже в первые дни после подъема в горы, с другой, делают весьма актуальной разработку рациональной системы медицинского обеспечения пришлого населения высокогорных районов.

Среди практических вопросов данной проблемы важное место занимает разработка обоснованных и адекватных методов медицинского отбора людей для проживания и трудовой деятельности в горах, а также выработка критериальных признаков адаптированности человека к условиям высокогорья. Без привлечения математических методов статистической классификации решение поставленных вопросов весьма затруднительно. Это объясняется прежде всего, противоречием между возрастающим объемом медицинской информации о гомеостазе человеческого организма в экстремальных условиях и возможностями достаточно полного ее использования с применением традиционных методов принятия решения (диагностики). Мы приводим описание и практическое применение аппроксимационного метода распознавания образов для получения научных доказательств в высокогорных медико-биологических исследованиях. Использование методов оценки информативности признаков, использование сложных алгоритмов при условии правильной постановки медицинских задач и адекватных методов формирования обучающей выборки позволяют получить существенное повышение точности диагностики, а также новые сведения об изучаемых явлениях и процессах в организме. Однако применение вычислительных методов для решения задач физиологического прогнозирования сопровождается рядом трудностей в выборе оптимального решающего правила.

Во-первых, это касается вопросов накопления обучающей выборки. Поскольку в настоящее время отсутствуют банки медицинских данных и используются материалы различных донозологических исследований, где часто приводятся неполные сведения об обследуемых лицах и пропуски отдельных показателей, включенных в исходную систему признаков. Исключение таких индивидов из рассмотрения обедняет статистику. Кроме того, при диагностике одних и тех же нозологических форм или функциональных состояний исследуемых, врачами подчас применяются различные методики, фиксируются разнообразные показатели. При объединении этих различных систем признаков возникает проблема использования имеющегося статистического материала, полученного для разных людей в различных системах признаков.

Во-вторых, задаче исследования адаптационных свойств людей в экстремальных условиях среды обитания сопутствует задача оценки информативности признаков (показателей) как с целью минимизации выборочного пространства, так и с целью выделения основных (критериальных) показателей, отражающих адаптационные особенности организма, его резистентность к воздействующим факторам и др. Следовательно, оценка информативности должна осуществляться в исходном пространстве признаков и отражать не только тип применяемого решающего правила, но и статистические закономерности анализируемых физиологических систем.

Формально все вопросы, связанные с математизацией диагностики адаптоспособности, легко разрешимы при предположении независимости признаков и нормальности функции плотности распределения. В тоже время в большинстве практических случаев предположения такого рода не соответствуют действительности.

Поэтому необходим способ восстановления плотностей по выборочным данным ограниченного объема, которые распределены по биномиальному закону.

Сущностью аппроксимационного подхода в математическом распознавании является восстановление для каждого распознаваемого класса в пространстве признаков неизвестного распределения в параметрическом виде, но без использования жестких априорных предположений относительно вида распределения. Достигается это путем представления оценки неизвестного распределения в виде смеси базовых распределений с произвольным числом компонент. В ходе решения задачи «Обучение по выборке» для каждого класса оцениваются параметры смеси, в том числе компоненты.

Выбор базовых распределений определяется статистическими особенностями множества распознаваемых объектов и, в свою очередь, существенно влияет на возможность решения таких задач, как построение правил принятия решения, управление процессом распознавания, оценка ошибок распознавания, ранжирование признаков по информативности и др. В основном, в качестве базовых распределений выбираются нормальные распределения с диагональными ковариационными матрицами для признаков, имеющих непрерывную шкалу измерений и биномиальные – для признаков с дискретной шкалой измерений.

Метод распознавания образов включает следующие 4 программы:

I. Программа обучения: обеспечивает по выборке распределение и достаточность общего вида смеси нормальных законов с диагональными ковариационными матрицами, причем число компонент в смеси определяется на основе критерия минимума энтропии.

II. Программа распознавания: реализует байесовское решающее правило при классификации образов, распределение которых описывается смесью нормальных законов. В программе реализован численный метод, позволяющий сравнить плотности распределения при большой размерности признакового пространства, основанный на введении счетчика разрядов для плотности каждого из рассматриваемых распределений.

III. Программа вычисления матрицы ошибок: реализует моделирование методом Монте-Карло выборок имеющих распределение в виде смеси нормальных законов с диагональными ковариационными матрицами и их последующее распознавание. Программа позволяет оценить качество классификации при отсутствии контрольной выборки или сделать ссылку на автора или книгу (учебник).

IV. Программа оценки информативности: реализует процесс вычисления смеси расхождений Кульбака между каждой парой нормальных законов, которые описывают распознаваемые классы. Позволяет оценить информативность каждого признака из заданной их совокупности с учетом взаимосвязи, не решая задачу перебора[1].

Процедура метода распознавания образов такова:

- объекты, факторы ранжируются;
- наиболее важному фактору приписывается оценка, равная единице ($V_i=1$), а остальным - веса между 0 и 1 ($V_i = 0...1, i = 2, 3, \dots, N$);
- решается вопрос, будет ли фактор с весом 1 превосходить остальные факторы, взятые вместе.

Используемые нами признаки для оценки информативности позволяют каждую группу описать непрерывной функцией распределения вероятностей $F(x)$ признаком в пространстве x . По обучающей выборке j -го класса строится взвешенная сумма нормальных законов с диагональными ковариационными матрицами.

Пример. Для определения наиболее информативных гемодинамических показателей в процессе 60-ти дневной адаптации группы молодых добровольцев на высоте 3600 м Памира был использован метод распознавания образов. У испытуемых измеряли систолическое (СД) и диастолическое (ДД) артериальное давление, частоту сердечных сокращений (ЧСС) на фоне, при гипоксической пробе (дозированный тест Флека) и в процессе реституции на 3-й, 15-й и 60-й дни адаптации. После окончания пробы для каждого индивидуума рассчитывались пульсовое давление (ПД), среднестатистическое

артериальное давление (СДД) и вегетативный индекс Кердо (ВИК). Все измеренные параметры были исследованы на информативность по программе распознавания образов. Обработанные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1. Информативность физиологических параметров, измеренных в среднегорье и в процессе адаптации на высоте 3600 м

Параметр	Высота местности (день адаптации)							
	1700 м (20-й)		3600 м (3-й)		3600 м (15-й)		3600 м (60-й)	
	МР*	СИ**	МР	СИ	МР	СИ	МР	СИ
Фон								
ЧСС	12,7	5	26,5	6	32,4	5	34,8	7
СД	11,8	6	28,7	5	30,6	6	28,9	8
ДД	10,4	7	22,6	7	28,5	7	35,6	6
ПД	9,8	8	21,4	8	15,6	9	24,5	9
СДД	8,7	9	20,2	9	21,4	8	37,8	5
ВИК	7,6	10	18,6	10	14,5	10	21,5	10
Нагрузка								
ЧСС	32,7	1	45,6	1	48,5	1	42,4	1
СД	28,7	2	40,4	2	40,8	3	39,6	3
ДД	6,5	11	15,4	11	13,2	11	20,7	11
ПД	3,6	13	13,4	12	8,5	14	11,8	15
СДД	25,6	3	38,4	3	45,3	2	40,1	2
ВИК	28,6	4	30,7	4	36,6	4	38,2	4
Реституция								
ЧСС	4,6	12	11,8	13	12,6	12	13,8	14
СД	3,0	14	10,6	14	11,8	13	18,6	12
ДД	2,8	15	8,7	15	7,9	15	15,6	13
ПД	2,5	16	7,6	16	6,8	16	10,6	16
СДД	2,2	17	7,4	17	6,6	17	9,3	17
ВИК	1,8	18	6,5	18	6,4	18	8,4	18

*МР - мера расхождения со значением, измеренным на высоте 600 м.

**СИ - степень информированности.

Из табличных данных видно, что наибольшей степенью информативности обладает частота сердечных сокращений при выполнении испытуемыми гипоксической пробы (СИ=1). Далее по степени информативности при тестовой нагрузке следуют такие показатели, как СД и СДД. Подобная закономерность отмечается как на высоте 1700 м, так и на высоте 3600 м над уровнем моря во все сроки наблюдения. Это дает основание признать перечисленные параметры критериальными признаками, по которым можно с высокой степенью достоверности прогнозировать функциональное состояние организма людей при адаптации к высокогорным условиям, что было подтверждено физиологическими исследованиями [2].

Таким образом, на практическом примере показано, что использование метода распознавания образов в горной медицине, особенно при определении информативности физиологических показателей в настоящее время является весьма актуальным, что в перспективе дает возможность его использования при оценке и прогнозе адаптационных возможностей организма человека в экстремальных условиях окружающей среды.

Литература

1. Джоробеков Б.Д., Махновский В.П. Умралиева М.К. Создание программного обеспечения для определения наиболее информативных физиологических показателей. Методические рекомендации. Бишкек, 2011, 41с.
2. Махновский В.П. Прогностическая оценка и коррекция резистентности организма человека к высокогорной гипоксии. Бишкек: Илим, 1998, 214 с.