Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

С. В. Савченко, О вероятности существования локализованного основного состояния для дискретного уравнения Шредингера со случайным потенциалом, возмущенного компактным оператором, *Теория вероятн. и ее примен.*, 1998, том 43, выпуск 1, 166–171

DOI: <https://doi.org/10.4213/tvp887>

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением
<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 54.224.187.69

26 апреля 2023 г., 10:36:34

где $\tau = \lambda(1 + 2a + 2\sqrt{a(1+a)}) = 3.961 \dots$;

$$|a_l| < \frac{1}{l} 4^{l-2} \beta_{l+1}. \quad (25)$$

Оценка (24) в случае $l > 290$ вытекает из (12) и леммы 2 при $a = \frac{11}{24} \lambda^{-3}$, $c = \lambda(\beta_{l+1})^{1/(l+1)}$ (напомним, что $\beta_2 = DX = 1$). Если же $l \leq 290$, то (24) проверяется по (17), (18) прямыми вычислениями. Что касается оценки (25), то при $l \geq 33$ она вытекает из (24), при $3 \leq l \leq 32$, так же как и (24), проверяется с использованием неравенств (17), (18), а при $l = 2$ имеет место, поскольку $|a_2| = \frac{1}{2} |\alpha_3|$.

Оценку (8) несложно получить так же, как (25), имея в виду (2), (12), формулу $L_{k+2} \leq (L_{l+2})^{k/l}$ и, разумеется, (6).

Автор считает своим приятным долгом выразить благодарность Я. Ю. Никитину за полезные обсуждения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Cramér H. Sur un nouveau théorème limite de la théorie des probabilités. — Actualités Sci. Indust. (Paris: Hermann), 1938, № 736.
2. Петров В. В. Суммы независимых случайных величин. М.: Наука, 1972, 416 с.
3. Саулус Л., Статулявичус В. Предельные теоремы о больших отклонениях. Вильнюс: Мокслас, 1989, 205 с.
4. Feller W. Generalization of a probability limit theorem of Cramer. — Trans. Amer. Math. Soc., 1942, v. 54, p. 361–372.
5. Lenart C. On certain theorem of Berry and a limit theorem of Feller. — Matematyčeský časopis, 1968, v. 18, № 1, p. 59–75.
6. Физтенгольц Г. М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. Т. 2. М.: Физматгиз, 1962, 808 с.
7. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. Т. 1. М.: Мир, 1984, 527 с.

Поступила в редакцию
12.V.1997

© 1998 г.

САВЧЕНКО С. В.*

О ВЕРОЯТНОСТИ СУЩЕСТВОВАНИЯ ЛОКАЛИЗОВАННОГО ОСНОВНОГО СОСТОЯНИЯ ДЛЯ ДИСКРЕТНОГО УРАВНЕНИЯ ШРЕДИНГЕРА СО СЛУЧАЙНЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ, ВОЗМУЩЕННОГО КОМПАКТНЫМ ОПЕРАТОРОМ¹⁾

В работе рассматривается следующая задача: при каких условиях на спектр оператора $H_d + W$, где H_d — разностный оператор Лапласа в $l_2(\mathbb{Z}^d)$ и W — дискретный потенциал (ограниченный диагональный оператор), полный гамильтониан $H_d + W + V(\omega)$ со случайным потенциалом $V(\omega)$ имеет

*Работа выполнена при поддержке RFBR (грант INTAS-RFBR 95-418).

¹⁾142432, Черноголовка, Московская обл., Институт теоретической физики им. Л. Д. Ландау РАН Россия.

- (а) с положительной вероятностью,
- (б) с вероятностью один

локализованное основное состояние? Доказано, что условие изолированности максимальной точки спектра оператора $H_d + W$ от остальной его части является достаточным для (а) (если W компактен, то оно является и необходимым). Соответственно условие непревосходства длины случайного потенциала расстояния между максимальной точкой спектра оператора $H_d + W$ и крайней правой точкой его существенного спектра является достаточным для выполнения (б). Показано, что если W — оператор ранга 1, то это условие — также и необходимое.

Ключевые слова и фразы: неразложимая симметрическая матрица, ограниченный самосопряженный оператор, дискретное уравнение Шредингера со случайным потенциалом, компактный диагональный оператор, оператор ранга 1, трансляционно-инвариантная мера, модель Андерсона.

Хорошо известно, что локализованное основное состояние (под локализованностью мы подразумеваем здесь принадлежность основного состояния пространству ℓ_2) почти наверное не существует для дискретного уравнения Шредингера со случайным потенциалом в модели Андерсона. Поэтому возникает следующий естественный вопрос: при каких условиях на возмущение оно может появиться с положительной вероятностью, с вероятностью 1? Общепринятый метод решения подобного рода задач основан на принципе минимакса Рэлея–Ритца. В работе [1], используя метод производящих функций и спектральную теорию, для ограниченного оператора, порожденного неразложимой симметрической матрицей, мы нашли необходимые и достаточные условия изолированности максимальной точки спектра от остальной его части. Развивая идеи этой статьи, мы дадим ответ на поставленный выше вопрос. В частности, полностью будет исследован популярный в математической и физической литературе случай оператора ранга 1.

Итак, пусть $A = (a_{ij})$ — конечная или бесконечная матрица с неотрицательными элементами a_{ij} . Для любого i из множества индексов $I(A)$ матрицы A положим

$$a(A, i, n) = \sum_{\substack{i_0=i_n=i; \\ i_k \neq i \text{ при } k \neq 1, \dots, n-1}} a_{i_0 i_1} \cdots a_{i_{k-1} i_k} \cdots a_{i_{n-1} i_n},$$

$$\varphi(A, i, z) = \sum_{n=1}^{\infty} a(A, i, n) z^n. \quad (1)$$

Заметим, что при $n = 1$ мы считаем $a(A, i, n) = a_{ii}$. Обозначим через $r(A, i)$ радиус сходимости ряда (1). В дальнейшем мы будем рассматривать только те матрицы A , для которых $r(A, i) > 0$. По теореме Вейерштрасса сумма ряда (1) (ее мы обозначим тем же символом) является аналитической функцией при $|z| < r(A, i)$. Пусть $R(A, i)$ — единственное решение уравнения $\varphi(A, i, z) = 1$ на интервале $(0, r(A, i))$, если $\varphi(A, i, r(A, i)) > 1$, и $R(A, i) = r(A, i)$ в противном случае. Если матрица A является неразложимой, то величина $R(A, i)$ не зависит от i (см. [2]). В этом случае мы будем обозначать ее через $R(A)$.

Введем класс L_{sym} всех симметрических неразложимых матриц A с неотрицательными элементами, удовлетворяющих условию $R(A) > 0$. Любая матрица из L_{sym} определяет ограниченный самосопряженный оператор на пространстве ℓ_2 (множество операторов, соответствующих матрицам из L_{sym} , обозначим тем же символом). В этом случае $\lambda^+(A) = R(A)^{-1}$, где $\lambda^+(A) = \sup \{ \lambda: \lambda \in \text{Spec}(A) \}$ (здесь $\text{Spec}(A)$ — спектр оператора A ; для $A \in L_{\text{sym}}$ величина $\lambda^+(A)$ совпадает со значением спектрального радиуса $\rho(A)$). Точка $z = \lambda^+(A)$ является собственным значением тогда и только тогда, когда $\varphi(A, i, R(A)) = 1$ и $\varphi'(A, i, R(A)) < \infty$ для некоторого, а следовательно, и для любого i (в дальнейшем мы будем опускать эту фразу). Соответствующее собственное подпространство одномерно и в нем всегда можно выбрать

вектор с положительными координатами (см. [3]). Пусть L_{iev} — множество всех ограниченных самосопряженных операторов A на пространстве ℓ_2 , для которых точка $z = \lambda^+(A)$ является изолированным собственным значением. В силу теоремы 2 из [1] матрица $A \in L_{sym}$ порождает оператор из класса L_{iev} тогда и только тогда, когда $r(A, i) > R(A)$:

$$A \in L_{iev} \iff r(A, i) > R(A) \iff \varphi(A, i, r(A, i)) > 1. \quad (2)$$

Пусть $(\Omega, \mathcal{B}, P)$ — пространство с вероятностной мерой P и $\{V_i(\omega)\}$ — последовательность случайных величин на этом пространстве, распределенных на конечном интервале $[0, b]$, где $b > 0$. Определим диагональную матрицу $V(\omega)$ с элементами $v_{ii}(\omega) = V_i(\omega)$, где $i \in I(A)$.

Теорема 1. Пусть $A \in L_{sym} \cap L_{iev}$. Предположим, что для любого $\varepsilon > 0$ и любого конечного множества $S \subset I(A)$ цилиндрическое множество $C^+(\varepsilon, S) = \{\omega \in \Omega: V_i(\omega) \in [b - \varepsilon, b], i \in S\}$ имеет положительную меру:

$$P(C^+(\varepsilon, S)) > 0, \quad \forall \varepsilon > 0, \quad \forall S \subset I(A) \text{ с } \#S < \infty. \quad (3)$$

Тогда

$$P\{\omega \in \Omega: A + V(\omega) \in L_{iev}\} > 0.$$

Доказательство. Очевидно, если $A \in L_{iev}$, то $A + bE \in L_{iev}$, где E — тождественный оператор. Поэтому $r(A + bE, i) > R(A + bE)$ (см. (2)). Очевидно, это неравенство сохранится, если матрицу $A + bE$ в его правой части заменить на матрицу $A + (b - \varepsilon)E$ при достаточно малом $\varepsilon > 0$. Для любой матрицы B и множества $J \subset I(B)$ обозначим через $B|_J$ квадратную подматрицу, индексы элементов которой принадлежат множеству J . Выберем конечное множество $J \subset I(A)$ так, чтобы матрица $A|_J$ была неразложимой и выполнялось неравенство:

$$r(A + bE, i) > R((A + (b - \varepsilon)E)|_J). \quad (4)$$

При $\omega \in C^+(\varepsilon, J)$

$$R((A + (b - \varepsilon)E)|_J) \geq R((A + V(\omega))|_J) > R(A + V(\omega)). \quad (5)$$

Очевидно, при любом $\omega \in \Omega$

$$r(A + V(\omega), i) \geq r(A + bE, i). \quad (6)$$

В силу (4), (5) и (6) при $\omega \in C^+(\varepsilon, J)$ справедливо неравенство $R(A + V(\omega)) < r(A + V(\omega), i)$, т.е. $A + V(\omega) \in L_{iev}$ (см. (2)). Таким образом,

$$P\{\omega \in \Omega: A + V(\omega) \in L_{iev}\} \geq P(C^+(\varepsilon, J)) > 0.$$

Теорема доказана.

З а м е ч а н и е 1. Очевидно, условие (3) справедливо, когда $\{V_i(\omega)\}$ является последовательностью независимых одинаково распределенных случайных величин (модель Андерсона). Если $\Omega = S^1$, P — мера Лебега на окружности и $V_i(\omega) = \cos(2\pi(i\alpha + \omega)) + 1$, где $i \in \mathbb{Z}$, $\alpha \neq 0$, то условие (3) не выполнено. Однако, используя идею изложенного выше доказательства, можно показать, что при достаточно малых α (их величина зависит от возмущаемой матрицы A) утверждение теоремы 1 остается в силе. Нетрудно проверить, что в данном случае для его справедливости необходимо и достаточно существование хотя бы одного ω , для которого $A + V(\omega) \in L_{iev}$.

Пусть H_d — оператор (дискретный свободный гамильтониан), действующий на вектора $\psi = \{\psi_n\}$, где $n = (n_1, \dots, n_d) \in \mathbb{Z}^d$ (коэффициенты бесконечной матрицы,

соответствующей оператору H_d , мы также будем индексировать элементами множества $\mathbf{Z}^d$ пространства $l_2(\mathbf{Z}^d)$ по следующей формуле: $(H_d \psi)_n = \sum_{n'}: \|n' - n\| = 1 \psi_{n'}$, где $\|n\| = \sum_{k=1}^d |n_k|$. Его спектр абсолютно непрерывен и совпадает с отрезком $[-2d, 2d]$. Очевидно, соответствующая оператору H_d бесконечная матрица неразложима. Оператор W называется диагональным, если соответствующая ему матрица диагональна. Так как ограниченный диагональный оператор W прибавлением оператора $\rho(W)E$ всегда можно сделать неотрицательным, то из теоремы 1 сразу получаем следующее утверждение.

Следствие 1. *Предположим, что справедливо условие (3). Тогда если W — диагональный оператор и $H_d + W \in L_{iev}$, то $P\{\omega \in \Omega: H_d + W + V(\omega) \in L_{iev}\} > 0$.*

Положительное решение (необязательно из $l_2(\mathbf{Z}^d)$) уравнения $(H_d + W)\psi = \lambda^+(H_d + W)\psi$ в литературе (особенно физической) называется основным состоянием. Если $H_d + W \in L_{iev}$, то основное состояние экспоненциально локализовано, т.е. существуют такие $C > 0$ и $\gamma > 0$, что $\psi_n \leq C e^{-\gamma \|n\|}$ (для неотрицательного W в качестве γ можно взять любое число из интервала $(0, \ln r(H_d + W, 0) - \ln R(H_d + W))$). Поэтому утверждение следствия 1 есть не что иное, как достаточное условие существования экспоненциально локализованного основного состояния полного гамильтониана с положительной вероятностью.

Вероятностная мера P называется трансляционно-инвариантной, если $P\{\omega \in \Omega: V_{n_1}(\omega) \in B_1, \dots, V_{n_m}(\omega) \in B_m\} = P\{\omega \in \Omega: V_{n_1+a}(\omega) \in B_1, \dots, V_{n_m+a}(\omega) \in B_m\}$ для любых $n_1, \dots, n_m \in \mathbf{Z}^d$, борелевских множеств $B_1, \dots, B_m$ отрезка $[0, b]$ и вектора a из некоторого непустого подмножества $\mathbf{Z}^d$.

Теорема 2. *Пусть K — диагональный компактный оператор. Предположим, что трансляционно-инвариантная мера P эргодична и выполнено условие (3). Тогда*

$$P\{\omega \in \Omega: H_d + K + V(\omega) \in L_{iev}\} > 0 \iff H_d + K \in L_{iev}.$$

Доказательство. Предположим, что $H_d + K \notin L_{iev}$. Тогда $\lambda^+(H_d + K) = \lambda^+(H_d) = 2d$. Очевидно, $H_d + K + bE \notin L_{iev}$ и $\lambda^+(H_d + K + bE) = \lambda^+(H_d + K) + b = 2d + b$. Так как для любого ω из множества Ω справедливо неравенство $\lambda^+(H_d + K + V(\omega)) \leq \lambda^+(H_d + K + bE)$, то $\lambda^+(H_d + K + V(\omega)) \leq 2d + b$. Пусть $\Omega_d = \{\omega \in \Omega: \lambda^+(H_d + V(\omega)) = 2d + b\}$ и 0 — точка решетки $\mathbf{Z}^d$ с нулевыми координатами. В силу справедливости неравенства $\varphi(H_d + V(\omega), 0, (2d + b)^{-1}) \leq \varphi(H_d + bE, 0, (2d + b)^{-1}) \leq 1$ (заметим, что если $V_n(\omega) < b$ при некотором $n \in \mathbf{Z}^d$, то это неравенство — строгое) для любого $\omega \in \Omega_d$ имеем $r(H_d + V(\omega), 0) = R(H_d + V(\omega))$. Поэтому для любого $\omega \in \Omega_d$ точка $z = 2d + b$ принадлежит существенному спектру оператора $H_d + V(\omega)$ (см. (2)) и, следовательно, по теореме Вейля (см. теорему XIII.14 в [4])

$$\lambda^+(H_d + K + V(\omega)) \geq \lambda^+(H_d + V(\omega)) = 2d + b.$$

Таким образом, $\lambda^+(H_d + K + V(\omega)) = \lambda^+(H_d + V(\omega)) = 2d + b$ и, следовательно, $H_d + K + V(\omega) \notin L_{iev}$ при $\omega \in \Omega_d$. Так как в силу эргодичности P и условия (3) имеем $P(\Omega_d) = 1$ (см. [5]), то утверждение $\implies$ доказано. Обратное утверждение справедливо в силу следствия 1. Теорема доказана.

При помощи теоремы 2 [1] и формулы (7.5) работы [6] без труда можно получить достаточные условия того, что $H_d + W \in L_{iev}$, аналоги которых для непрерывного случая хорошо известны (соответствующие ссылки будут даны нами в скобках). Сформулируем некоторые из них (полные доказательства будут опубликованы в журнале «Функциональный анализ»). Если $d = 1, 2$, то $H_d + K \in L_{iev}$, где K — любой компактный оператор, порожденный симметрической матрицей с неотрицательными элементами, хотя бы один из которых положителен (см., например, теорему XIII.11 в [4]). Напротив, при $d \geq 3$ существует такое $\delta(d) > 0$, что для любого диагонального оператора K , элементы k_{nn} которого удовлетворяют неравенству

$\sum_{n \in \mathbb{Z}^d} |k_{nn}| < \delta(d)$, имеем $\text{Spec}(H_d + K) = [-2d, 2d]$, и, следовательно, $H_d + K \notin L_{\text{iev}}$ (см. замечание к теореме XIII.10 в [4]; для оператора K ранга 1 это утверждение сформулировано в качестве леммы 2 в [7]). Таким образом, свойство отсутствия почти наверное локализованного основного состояния устойчиво относительно малых (в норме следа) возмущений только при $d \geq 3$.

Следующая простая лемма позволит нам получить достаточное условие для существования локализованного основного состояния с вероятностью 1.

Лемма 1. Пусть A — оператор из класса L_{iev} , порожденный неразложимой матрицей с неотрицательными элементами, и B — ограниченный оператор, порожденный симметрической матрицей с неотрицательными коэффициентами. Предположим, что расстояние между верхней границей спектра оператора A и максимальной точкой его существенного спектра не меньше, чем спектральный радиус $\rho(B)$ оператора B . Тогда $A + B \in L_{\text{iev}}$.

Доказательство. Пусть $B \neq 0$. Тогда $\epsilon \equiv \rho(A + B) - \rho(A) > 0$ (мы считаем, что $I(A) = I(B)$). Обозначим через $\lambda^-(A)$ и $\lambda_{\text{ess}}^+(A)$ соответственно минимальную точку спектра оператора A и максимальную точку его существенного спектра. Оператор A допускает представление: $A = AE([\lambda^-(A), \lambda_{\text{ess}}^+(A) + \epsilon/2]) + AE([\lambda_{\text{ess}}^+(A) + \epsilon/2, \rho(A)])$, где $E(\cdot)$ — разложение единицы для оператора A . Так как $\text{Spec}(AE([\lambda^-(A), \lambda_{\text{ess}}^+(A) + \epsilon/2])) \subseteq [\lambda^-(A), \lambda_{\text{ess}}^+(A) + \epsilon/2]$ и, прибавив оператор AE с достаточно большим a , мы можем считать, что $\lambda^-(A) \geq 0$, то $\rho(AE([\lambda^-(A), \lambda_{\text{ess}}^+(A) + \epsilon/2])) = \lambda_{\text{ess}}^+(A) + \epsilon/2$. Поэтому $\rho(AE([\lambda^-(A), \lambda_{\text{ess}}^+(A) + \epsilon/2]) + B) \leq \rho(AE([\lambda^-(A), \lambda_{\text{ess}}^+(A) + \epsilon/2])) + \rho(B) \leq \lambda_{\text{ess}}^+(A) + \epsilon/2 + \rho(B) \leq \rho(A) + \epsilon/2 < \rho(A + B)$ (напомним, что спектральный радиус самосопряженного оператора совпадает по значению с его нормой). Очевидно, оператор $AE([\lambda_{\text{ess}}^+(A) + \epsilon/2, \rho(A)])$ является компактным. Применяя теорему Вейля, получаем, что $A + B \in L_{\text{iev}}$. Случай $B = 0$ очевиден. Лемма доказана.

Положив $A = H_d + W$ и $B = V(\omega)$ в лемме 1, получим следующее утверждение.

Теорема 3. Пусть W — диагональный ограниченный оператор. Тогда, если $\lambda^+(H_d + W) \geq \lambda_{\text{ess}}^+(H_d + W) + b$, то для любого $\omega \in \Omega$ имеем $H_d + W + V(\omega) \in L_{\text{iev}}$.

Из следующего утверждения видно, что условие теоремы не может быть ослаблено.

Предложение 1. Предположим, что трансляционно-инвариантная мера P эргодична, выполнено условие (3) и для любого $\epsilon > 0$ и любого конечного множества $S \subset \mathbb{Z}^d$ цилиндрическое множество $C^-(\epsilon, S) = \{\omega \in \Omega: V_n(\omega) \in [0, \epsilon], n \in S\}$ имеет положительную меру:

$$P(C^-(\epsilon, S)) > 0 \quad \forall \epsilon > 0, \forall S \subset \mathbb{Z}^d \text{ с } \#S < \infty. \quad (7)$$

Пусть P_0 — диагональный оператор ранга 1, соответствующий матрице, 00-элемент которой равен единице, а все остальные — нулю. Тогда $P\{\omega \in \Omega: H_d + \mu P_0 + V(\omega) \in L_{\text{iev}}\} < 1$ при любом μ , для которого $\lambda^+(H_d + \mu P_0) < 2d + b$.

Доказательство. Пусть $\lambda^+(H_d + \mu P_0) < 2d + b$. В этом случае $\varphi(H_d + \mu P_0, 0, (2d + b)^{-1}) < 1$. В силу справедливости неравенства $\varphi(H_d + bE, 0, (2d + b)^{-1}) \leq 1$ можно выбрать $m \geq 2$ и $\epsilon \in (0, 1)$ так, чтобы

$$\sum_{n=m}^{\infty} a(H_d + bE, 0, n) (2d + b)^{-n} < 1 - \varphi(H_d + \mu P_0, 0, (2d + b)^{-1}) - \epsilon C, \quad (8)$$

где $C = \sum_{n=1}^{m-1} a(H_d + E, 0, n) (2d + b)^{-n}$. Очевидно,

$$\sum_{n=1}^{m-1} (a(H_d + \mu P_0 + \epsilon E, 0, n) - a(H_d + \mu P_0, 0, n)) (2d + b)^{-n}$$

$$= \sum_{n=1}^{m-1} \left(a(H_d + \varepsilon E, \mathbf{0}, n) - a(H_d, \mathbf{0}, n) \right) (2d+b)^{-n} \leq \varepsilon C. \quad (9)$$

Пусть $S_m = \{\mathbf{n} \in \mathbb{Z}^d: \|\mathbf{n}\| \leq m/2\}$. Тогда для любого $\omega \in C^-(\varepsilon, S_m)$ имеем

$$\begin{aligned} & \varphi(H_d + \mu P_0 + V(\omega), \mathbf{0}, (2d+b)^{-1}) \\ & \leq \sum_{n=1}^{m-1} a(H_d + \mu P_0 + \varepsilon E, \mathbf{0}, n) (2d+b)^{-n} + \sum_{n=m}^{\infty} a(H_d + bE, \mathbf{0}, n) (2d+b)^{-n} \\ & < \varphi(H_d + \mu P_0, \mathbf{0}, (2d+b)^{-1}) + \varepsilon C + (1 - \varphi(H_d + \mu P_0, \mathbf{0}, (2d+b)^{-1}) - \varepsilon C) = 1 \end{aligned}$$

(см. (8) и (9)) и, следовательно, $\lambda^+(H_d + \mu P_0 + V(\omega)) \leq 2d+b$. Таким образом, $H_d + \mu P_0 + V(\omega) \notin L_{\text{iev}}$ при $\omega \in C^-(\varepsilon, S_m) \cap \Omega_d$, где, напомним, $\Omega_d = \{\omega \in \Omega: \lambda^+(H_d + V(\omega)) = 2d+b\}$. Остается заметить, что в силу условия теоремы $P(\Omega_d) = 1$ и $P(C^-(\varepsilon, S_m)) > 0$ (см. (7)). Поэтому $P(C^-(\varepsilon, S_m) \cap \Omega_d) > 0$. Предложение доказано.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савченко С. В. О спектрах конечных подматриц бесконечных неразложимых матриц. — Успехи матем. наук, 1997, т. 52, № 3, с. 175–176.
2. Vere-Jones D. Geometric ergodicity in denumerable Markov chains. — Quart. J. Math. Oxford Ser. (2), 1962, v. 13, p. 7–28.
3. Vere-Jones D. Ergodic properties of nonnegative matrices, II. Pacific J. Math., 1968, v. 26, p. 601–620.
4. Руд М., Саймон Б. Методы современной математической физики. Том IV: Анализ операторов. М.: Мир, 1982.
5. Pastur L., Figotin A. Spectra of Random and Almost-Periodic Operators. Berlin: Springer-Verlag, 1992.
6. Mohar B., Woess W. A survey on spectra of infinite graphs. — Bull. London Math. Soc., 1989, v. 21, № 3, p. 209–234.
7. Голицына А. Г., Молчанов С. А. Многомерная модель редких случайных рассеивателей. — Докл. АН СССР, 1987, т. 294, № 6, с. 1302–1306.

Поступила в редакцию
17.IX.1997

© 1998 г.

СУНКЛОДАС Й.*

ОБ ОЦЕНКЕ СНИЗУ СКОРОСТИ СХОДИМОСТИ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ПРЕДЕЛЬНОЙ ТЕОРЕМЕ ДЛЯ m -ЗАВИСИМЫХ СЛУЧАЙНЫХ ПОЛЕЙ

Получена оценка снизу скорости сходимости в центральной предельной теореме (ЦПТ) для вещественных m -зависимых случайных полей при условии конечности абсолютных моментов слагаемых пятого порядка.

Ключевые слова и фразы: центральная предельная теорема, скорость сходимости, оценка снизу, m -зависимое случайное поле.

*Ин-т математики и информатики, ул. Академийос, 4, 2600 Вильнюс, Литва.