

李响, 段晓峰, 刘克修, 等. 津冀沿海地区海平面上升的风险评估研究[J]. 灾害学, 2014, 29(3): 108-114. [Li Xiang, Duan Xiaofeng, Liu Kexiu, et al. The Risk Assessment Research on the Sea Level Rise of Tianjin and Hebei Coastal Areas [J]. Journal of Catastrophology, 2014, 29(3): 108-114.]

津冀沿海地区海平面上升的风险评估研究*

李响, 段晓峰, 刘克修, 陈满春, 张增健

(国家海洋信息中心, 天津 300171)

摘要: 气候变化引起的海平面上升将给沿海地区社会经济发展和生态环境带来严重的影响。津冀沿海地区地势低平极易受到海平面上升的直接影响, 该文以津冀沿海地区为例, 对海平面上升风险评估方法进行示范应用, 评估该地区海平面上升的风险, 区划海平面上升风险, 并提出风险管理的建议。结果表明, 天津滨海新区、河北黄骅市等地面临的海平面上升风险较高, 在沿海发展规划和重大工程建设中应充分考虑海平面上升因素。

关键词: 海平面上升; 风险评估; 风险区划

中图分类号: P72; X4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2014)03-0108-07

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2014.03.020

津冀沿海地区地势低平极易受到气候变化和海平面上升的直接影响, 是我国沿海海平面影响的主要脆弱区之一^[1]。随着津冀沿海城市化程度越来越高, 在自然条件和人类活动的综合影响下, 海平面上升给该地区的自然环境演变和社会经济发展造成一些不利影响^[2]。海平面的持续上升直接造成低洼地带淹没、湿地变迁、生态系统改变、沿海防护工程功能降低, 加剧了风暴潮、海岸侵蚀、海水入侵、土壤盐渍化等海洋灾害, 生活在低海拔沿海地区的人口和沿海经济都可能面临海平面上升的风险^[3]。因此对沿海地区面临的海平面上升风险进行科学评估具有重要的理论和实践意义^[4]。

海平面上升将对沿海地区带来严重影响, 这已引起国际上的广泛关注。最早的海岸脆弱性评估方法是基于 Gornitz^[5] 提出的海岸脆弱性指数 (Coastal Vulnerability Index) 和风险等级 (Risk Class) 的概念, 随后多判据分析方法被引入海岸风险评估中^[6-9]。在我国, 中国科学院地学部组织对珠江、长江、黄河和天津地区进行了海平面上升影响调研, 并编写了调研报告^[10]。近年来, 大量研究涉及海平面上升对海岸环境和社会经济的影响, 重点在于海平面上升对我国大型三角洲及其沿岸大中城市的影响, 一般利用遥感和 GIS 技术对海岸受淹面积、受淹人口、港口及防洪排涝设施、风暴潮灾害、相关损失等方面进行分析或估算^[11-15]。本文以津冀沿海地区为例, 评估该地区

海平面上升的风险, 并将沿海县(县级市、市辖区)作为评估单元进行风险区划。

1 方法

自然灾害的风险评估是对未来损失的不确定性所进行的分析和判断^[16]。基于自然灾害风险形成机制和海平面上升致灾过程及原理, 本文的海平面上升风险评估, 分别从危险性、暴露性、脆弱性和防灾减灾能力四个方面进行。灾害危险性, 指灾害的异常程度, 主要是由于危险因子活动规模(强度)和活动频次(概率)决定的; 暴露性或承灾体, 是指可能受到危险因子威胁的所有人和财产, 如人员、房屋、农作物、生命线等; 承灾体的脆弱性, 是指在给定危险地区存在的所有人和财产, 由于潜在的危险因素而造成的伤害或损失程度, 其综合反映了自然灾害的损失程度; 防灾减灾能力, 表示受灾区在短期和长期内能够从灾害中恢复的程度, 包括应急管理、减灾投入、资源准备等^[17]。一般来讲, 危险因子强度越大, 频次越高, 灾害所造成的破坏损失越严重, 灾害的风险也越大; 一个地区暴露于危险因子的人和财产越多即受灾财产价值密度越高, 可能遭受潜在损失就越大, 灾害风险越大; 承灾体的脆弱性越高, 灾害损失越大, 灾害风险也越大; 防灾减灾能力越高, 可能遭受潜在损失就越小, 灾害风

* 收稿日期: 2014-01-10 修回日期: 2014-03-05

基金项目: 国家自然科学基金项目(41106159, 41106004; 408330746); 国家科技支撑计划(2012BAC21B0101); 全球变化与海气相互作用专项(GASI-03-01-01-09)

作者简介: 李响(1980-), 男, 黑龙江哈尔滨人, 博士, 副研究员, 主要从事气候变化与海平面上升研究。

E-mail: lixiang@mail.nmdis.gov.cn

险越小。

1.1 指标体系

海平面上升的危险性主要考虑自然因素的影响, 评估海平面变化、地形状况和潮位水位三个方面; 海平面上升及其引发的次生灾害会对社会经济和人民生产生活产生较大影响, 主要从人口和经济两个方面分别评估海平面上升的暴露性和脆弱性; 科学的应对海平面上升能够减缓相对海平面上升和降低灾损程度, 主要从人力和财力两个方面评估防灾减灾能力。

综合考虑指标体系确定的目的性、系统性、科学性、可比性和可操作性原则, 结合津冀沿海地区各评估单元的实际情况和资料获取的难易程度, 确定海平面上升风险指标体系, 分为因子层、副因子层和指标层, 并选取了 11 个指标用来描述海平面上升风险(表 1)。

表 1 津冀地区海平面上升风险评估指标体系

| 因子层 | 副因子层 | 指标层 |
|-----------|-------|-------------------------------------|
| 危险性(H) | 海平面变化 | H1: 上升速率(mm/a) |
| | | H2: 2050 年上升幅度(mm) |
| | 地形 | H3: 地面高程(m) |
| | | H4: 岸线长度(km) |
| | | H5: 最高高潮位(cm) |
| 暴露性(E) | 人口暴露性 | E1: 居民总数(万人) |
| | 经济暴露性 | E2: GDP(亿元) |
| 脆弱性(V) | 人口脆弱性 | V1: 人口密度(人/km ²) |
| | 经济脆弱性 | V2: 单位平方公里 GDP(万元/km ²) |
| 防灾减灾能力(R) | 人力资源 | R1: 从业人口比例(%) |
| | 减灾投入 | R2: 地方财政收入(亿元) |

由于各项指标的特征和影响程度不同, 利用层次分析方法计算各评估指标的权重系数。指标权重的计算按照因子层和指标层分别进行。对因子层中危险性(H)、暴露性(E)、脆弱性(V)和防灾减灾能力(R)4 个因子的权重计算, 设置判断矩阵, 计算得到一致性检验指标为 0.039, 一致性比例为 0.043, 小于 0.1, 符合一致性检验。因此利用判断矩阵计算的特征向量 $W = (0.49, 0.18, 0.25, 0.08)$ 可以作为各因子的权重系数使用。同理, 对于指标层中危险性的上升速率(H1)、上升幅度(H2)、地面高程(H3)、岸线长度(H4)和历史最高高潮位(H5)5 个指标权重, 设置其判断矩阵并通过一致性检验, 获得的特征向量 $W = (0.16, 0.24, 0.21, 0.29, 0.10)$ 作为各危险性指标的权重系数。对于暴露性指标的权重系数, 由于两个指标即居民总数(E1)和 GDP(E2)同等重要, 因此将它们的权重系数都设置为 0.5。同理, 对于脆弱性指标人口密度(V1)和单位平方公里 GDP(V2), 也将它们的权重系数都设置为 0.5。对于防灾减灾能力指标的权重系数, 考虑到中国的实际情况财力状况起到的作用要比人力状况相对大一些, 所以设定从业人口比例(R1)和地方财政

收入(R2)的权重系数分别为 0.4 和 0.6。津冀地区海平面上升风险评估指标体系的各层次因子(指标)的权重系数, 如图 1 所示。

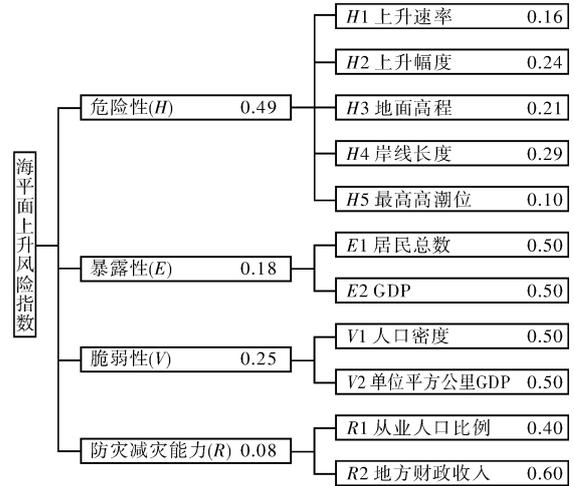


图 1 评估指标权重系数

(1) 危险性指标分析

海平面变化特征分别选取海平面上升速率和到 2050 年海平面上升幅度来表征过去和将来评估区相对海平面变化状况, 海平面上升的速率越大、幅度越大, 则危险性越大。选用评估平均地面高程和海岸线长度来表征地形因素的影响, 高程越低、岸线越长, 则评估区面临海平面上升的危险性越大。海平面上升加剧了风暴潮、海浪等海洋灾害的致灾程度, 选用相对于当地平均海平面的历史最高高潮位表征潮位水位状况, 最高高潮位越高, 危险性越大。

(2) 暴露性指标分析

选用评估区总人口数表征人口的暴露性, 选用评估区地区生产总值(GDP)表征经济的暴露性, 人口越多, GDP 越高, 则该地区暴露在海平面上升危险因子的人和财产越多, 可能遭受潜在损失就越大, 海平面上升风险越大。

(3) 脆弱性指标分析

选用评估区人口密度表征人口脆弱性, 选用单位平方公里 GDP 表征经济脆弱性, 人口密度越大, 单位 GDP 越高, 则受灾财产价值密度越高, 海平面上升危险因素可能造成的伤害或潜在损失程度就越大, 海平面上升风险越大。

(4) 防灾减灾能力指标分析

选用从业人口比例表征抗灾人力资源情况, 从业人口比例越高, 防灾减灾中能够调动的人员就越多, 防灾减灾能力越高。选用地方财政一般预算收入表征减灾财力投入, 地方税收越高, 可以用于防灾减灾的资金越多, 防灾减灾能力也越高, 可能遭受潜在损失越小, 海平面上升风险越小。

(5) 各指标计算方法

上升速率($H1$): 根据沿海地区海平面监测站观测数据计算得到的相对海平面上升速率(mm/a)。

上升幅度($H2$): 以沿海地区海平面监测站观测数据为基础, 运用随机动态统计分析方法计算得到的2050年海平面上升幅度预测值(mm)。

地面高程($H3$): 评估单元的平均海拔高度(m)。

岸线长度($H4$): 评估单元海岸线总长度(km)。

最高高潮位($H5$): 相对于当地平均海平面的最高高潮位观测值(cm)。

居民总数($E1$): 评估单元人口总数(万人)。

GDP($E2$): 评估单元地区生产总值(亿元)。

人口密度($V1$): 评估单元居民总数/评估单元总面积(人/km²)。

单位平方公里GDP($V2$): 评估单元地区生产总值/评估单元总面积(万元/km²)。

从业人口比例($R1$): 评估单元从业人口/评估单元人口总数(%)。

地方财政收入($R2$): 评估单元地方财政一般预算收入(亿元)。

1.2 评估模型

根据海平面上升风险指标体系和自然灾害风险计算公式, 利用加权综合评分法, 建立海平面上升风险评估模型。

危险度指数计算模型:

$$H = \sum_{i=1}^n H_i a_i \quad (1)$$

式中: H 为危险度指数; H_i 为危险度评估的第*i*个指标; a_i 为第*i*个危险度指标的权重系数; n 为危险度指标的个数。

暴露性指数计算模型:

$$E = \sum_{i=1}^n E_i b_i \quad (2)$$

式中: E 为暴露性指数; E_i 为暴露性评估的第*i*个指标; b_i 为第*i*个暴露性指标的权重系数; n 为暴露性指标的个数。

脆弱性指数计算模型:

$$V = \sum_{i=1}^n V_i c_i \quad (3)$$

式中: V 为脆弱性指数; V_i 为脆弱性评估的第*i*个指标; c_i 为第*i*个脆弱性指标的权重系数; n 为脆弱性指标的个数。

防灾减灾能力指数计算模型:

$$R = \sum_{i=1}^n R_i d_i \quad (4)$$

式中: R 为防灾减灾能力指数; R_i 为防灾减灾能力评估的第*i*个指标; d_i 为第*i*个防灾减灾能力指标的权重系数; n 为防灾减灾能力指标的个数。

风险指数计算模型:

$$SLRI = \frac{H^\alpha \times E^\beta \times V^\gamma}{1 + R^\delta} \quad (5)$$

式中: $SLRI$ 为海平面上升的风险指数; α 、 β 、 γ 、 δ 分别为危险度、暴露性、脆弱性和防灾减灾能力指数的权重系数。

该模型在满足一定条件时对 $SLRI$ 和各因子适用。当风险区没有危险性、暴露性和脆弱性, 那么这里也就没有灾害风险存在, 即 $H = 0$ 或 $E = 0$ 或 $V = 0$ 时, $SLRI = 0$; 当风险区没有实际的防灾减灾能力, 那么风险就等同于危险性、暴露性和脆弱性共同产生的后果, 即 $R = 0$, 则 $SLRI = H^\alpha \times E^\beta \times V^\gamma$ 。

2 风险评估与区划

为了突出海平面上升影响评估的实用性和可操作性, 结合京津冀地区的行政布局、沿海地区分布和信息采集的可靠性, 将京津冀沿海地区按照区县级行政单元划分为12个评估单元(表2)。这样划分的优点在于, 适应当前我国以行政区为单位的的管理特点; 许多评估数据, 特别是社会、经济的统计数据有可靠的数据来源, 便于进行信息汇聚和分析评估; 制定防灾减灾应对策略时更具有针对性和可实施性, 如规划、组织生产、抗灾、救灾、投资和工程设计等。

表2 京津冀沿海地区风险评估单元划分

| 沿海地区 | 沿海城市 | 评估单元 |
|------|------|----------------------------|
| 天津市 | 天津市 | 滨海新区 |
| | | 丰南区 滦南县 乐亭县 唐海县 |
| 河北省 | 唐山市 | 海港区 |
| | | 秦皇岛市 |
| | 沧州市 | 山海关区 北戴河区 昌黎县 抚宁县 |
| | | 海兴县 |
| | | 黄骅市 |

2.1 指标数据

根据海洋台站观测资料、2009年河北省统计年鉴、2009年各地方的政府工作报告、地方政府相关网站、实地调查等获得各评估单元的各项评估指标数据。由于各指标的单位 and 量级不同, 为了合理和方便计算, 采用分级赋值法将指标进行量化, 建立指标定量化标准(表3)。按照风险评估指标的定量化标准, 将各项指标定量化, 量化结果见表4。

2.2 危险性评估

将各评估单元的海平面上升速率、2050年海平面上升幅度、地面高程、岸线长度和最高高潮位等5个危险性指标量化值及其权重系数代入危险性评估模型中, 计算得到各评估单元的危险性指数值(表5)。

表 3 津冀地区海平面上升风险评估指标的定量化基准及量化值

| 评估指标 | 量化基准 | 量化值 | 评估指标 | 量化基准 | 量化值 |
|-------------------------------------|---------------|-----|-------------------------------|---------------|-----|
| 上升速率/ (mm/a) | > 3.0 | 5 | 2050 年上升 幅度/mm | > 300 | 5 |
| | 2.5 ~ 3.0 | 4 | | 250 ~ 300 | 4 |
| | 2.0 ~ 2.5 | 3 | | 200 ~ 250 | 3 |
| | 1.0 ~ 2.0 | 2 | | 150 ~ 200 | 2 |
| 地面高 程/m | < 1.0 | 1 | 岸线长度/km | < 150 | 1 |
| | < 2 | 5 | | > 100 | 5 |
| | 2 ~ 5 | 4 | | 50 ~ 100 | 4 |
| | 5 ~ 10 | 3 | | 30 ~ 50 | 3 |
| 历史最高 高潮位/cm | 10 ~ 20 | 2 | 居民总数/万 | 20 ~ 30 | 2 |
| | > 20 | 1 | | < 20 | 1 |
| | > 300 | 5 | | > 100 | 5 |
| | 250 ~ 300 | 4 | | 50 ~ 100 | 4 |
| GDP/亿元 | 200 ~ 250 | 3 | 人口密度/ (人/km ²) | 30 ~ 50 | 3 |
| | 150 ~ 200 | 2 | | 20 ~ 30 | 2 |
| | < 150 | 1 | | < 20 | 1 |
| | > 500 | 5 | | > 2000 | 5 |
| 单位平方公里 GDP/(万元/km ²) | 300 ~ 500 | 4 | 从业人口 比例/% | 1 000 ~ 2 000 | 4 |
| | 200 ~ 300 | 3 | | 500 ~ 1 000 | 3 |
| | 100 ~ 200 | 2 | | 200 ~ 300 | 2 |
| | < 100 | 1 | | < 200 | 1 |
| 地方财政一般 预算收入/亿元 | > 5 000 | 5 | 从业人口 比例/% | > 70 | 5 |
| | 3 000 ~ 5 000 | 4 | | 60 ~ 70 | 4 |
| | 1 000 ~ 3 000 | 3 | | 50 ~ 60 | 3 |
| | 500 ~ 1 000 | 2 | | 40 ~ 50 | 2 |
| 地方财政一般 预算收入/亿元 | < 500 | 1 | 从业人口 比例/% | < 40 | 1 |
| | > 10 | 5 | | | |
| | 5 ~ 10 | 4 | | | |
| | 3 ~ 5 | 3 | | | |
| 地方财政一般 预算收入/亿元 | 1 ~ 3 | 2 | | | |
| | < 1 | 1 | | | |

表 4 风险评估指标等级划分结果

| 指标 | 秦皇岛市 | | | | | 唐山市 | | | 天津市 | 沧州市 | | |
|------------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|
| | 海港区 | 山海关区 | 北戴河区 | 昌黎县 | 抚宁县 | 丰南区 | 滦南县 | 乐亭县 | 唐海县 | 滨海新区 | 海兴县 | 黄骅市 |
| 上升速率 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 |
| 上升幅度 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 |
| 地面高程 | 1 | 4 | 2 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 4 | 4 |
| 岸线长度 | 2 | 1 | 2 | 4 | 1 | 2 | 4 | 5 | 1 | 5 | 1 | 4 |
| 历史最高高潮位 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 | 3 | 5 | 5 | 5 |
| 居民总数 | 4 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 1 | 5 | 2 | 3 |
| GDP | 4 | 1 | 1 | 2 | 2 | 4 | 3 | 3 | 1 | 5 | 1 | 2 |
| 人口密度 | 5 | 3 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 |
| 单位平方公里 GDP | 5 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 5 | 1 | 2 |
| 从业人口比例 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 5 | 1 | 3 | 2 |
| 地方财政一般预算收入 | 4 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 5 | 1 | 3 |

表 5 各评估单元海平面上升危险性指数

| | 海港区 | 山海关区 | 北戴河区 | 昌黎县 | 抚宁县 | 丰南区 | 滦南县 | 乐亭县 | 唐海县 | 滨海新区 | 海兴县 | 黄骅市 |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 危险性指数 | 1.39 | 1.73 | 1.5 | 2.29 | 1.42 | 2.76 | 3.13 | 3.53 | 2.26 | 4.84 | 3.47 | 4.34 |

表 6 各评估单元海平面上升暴露性指数

| | 海港区 | 山海关区 | 北戴河区 | 昌黎县 | 抚宁县 | 丰南区 | 滦南县 | 乐亭县 | 唐海县 | 滨海新区 | 海兴县 | 黄骅市 |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 暴露性指数 | 4.00 | 1.00 | 1.00 | 3.00 | 3.00 | 4.00 | 3.50 | 3.00 | 1.00 | 5.00 | 1.50 | 2.50 |

从评估结果来看，滨海新区和黄骅市的海平面上升危险性最大，主要由于这些地区属于淤积平原地势较低，且其海平面上升程度高、岸线长、潮差大，极易受到海平面上升的直接影响；海兴县的海平面上升程度高、潮差大、地面高程较低，但其海岸线较短，综合几项指标海兴县的危险性要低于滨海新区和黄骅市，但仍然相对较高；乐亭县、滦南县和丰南区的的海面高程较低、岸线相对较长，虽然海平面的上升状况不是特别明显，但综合考虑也面临海面上升的直接威胁，其危险性也相对较高；其它的如海港区、山海关区、北戴河区、昌黎县、抚宁县、唐海县，它们或是海平面上升程度较低、或是岸线太短、或是高程相对较高，所以综合评估它们的危险性相对较低(图 2)。

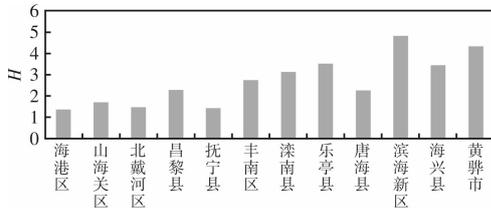


图 2 各评估单元危险性指数(H)示意图

2.3 暴露性评估

将各评估单元的暴露性指标居民总数和 GDP 的量化值以及权重系数代入暴露性评估模型，计算得到各评估单元的暴露性指数值(表 6)。

从经济和人口的暴露程度分析，天津滨海新区、秦皇岛海港区、唐山丰南区都是工业较发达的地区，人口多、地区生产总值高，其暴露在海平面上升风险下的程度较高；滦南县、昌黎县、抚宁县、乐亭县以及黄骅市，其辖区内的居民数量较多，但这些地区的经济不够发达，暴露性程度稍低些；山海关区、北戴河区、唐海县和海兴县的人口总数少，经济不发达，它们的暴露性程度较低(图 3)。

2.4 脆弱性评估

将各评估单元的脆弱性指标人口密度和单位面积 GDP 的量化值以及权重系数代入脆弱性评估模型，计算得到各评估单元的脆弱性指数值(表 7)。

表 7 各评估单元海平面上升脆弱性指数

| | 海港区 | 山海关区 | 北戴河区 | 昌黎县 | 抚宁县 | 丰南区 | 滦南县 | 乐亭县 | 唐海县 | 滨海新区 | 海兴县 | 黄骅市 |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 脆弱性指数 | 5.00 | 3.00 | 3.50 | 2.00 | 2.00 | 2.50 | 2.50 | 2.50 | 1.50 | 4.00 | 1.50 | 2.00 |

表 8 各评估单元海平面上升防灾减灾能力指数

| | 海港区 | 山海关区 | 北戴河区 | 昌黎县 | 抚宁县 | 丰南区 | 滦南县 | 乐亭县 | 唐海县 | 滨海新区 | 海兴县 | 黄骅市 |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 防灾减灾能力指数 | 3.60 | 2.00 | 2.00 | 3.00 | 3.00 | 4.00 | 3.00 | 3.00 | 3.80 | 3.40 | 1.80 | 2.60 |

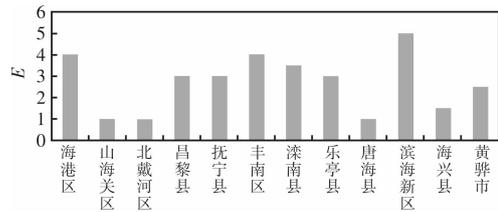


图 3 各评估单元暴露性指数(E)示意图

从经济和人口的脆弱程度评估，海港区的人口密度和单位面积的 GDP 都比较大，其脆弱性最高；滨海新区的单位面积 GDP 较大，人口总数较多但人口密度不大，所以其脆弱性次之；北戴河区和山海关区的人口总数和 GDP 总量虽然较低，但辖区面积小，使其人口密度和单位面积 GDP 相对较大，导致它们的脆弱程度相对较高；丰南区、滦南县、乐亭县、昌黎县、抚宁县、唐海县和海兴县的人口密度和单位面积 GDP 都不高，它们的脆弱性程度也相对较低(图 4)。

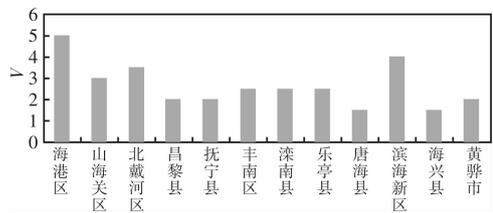


图 4 各评估单元脆弱性指数(V)示意图

2.5 防灾减灾能力评估

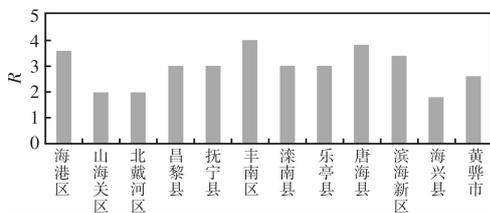
将各评估单元的防灾减灾能力指标从业人口比例和地方财政一般预算收入的量化值以及权重系数代入防灾减灾能力评估模型，计算得到各评估单元的防灾减灾能力指数值(表 8)。

从人力和财力两个方面评估各评估单元的防灾减灾能力，丰南区、唐海县、海港区的从业人口比例和财政收入都相对较高，它们的防灾减灾能力较强；滨海新区的财政收入很高，但从业人口的比例非常低，导致其防灾减灾能力有所降低；昌黎县、抚宁县、滦南县、乐亭县和黄骅市的从业人口比例和财政收入都处于中等水平，它们的防灾减灾能力相对较强；山海关区、北戴河区、海兴县的从业人口比例和财政收入都不高，它们

表 9 各评估单元海平面上升风险指数

| | 海港区 | 山海关区 | 北戴河区 | 昌黎县 | 抚宁县 | 丰南区 | 滦南县 | 乐亭县 | 唐海县 | 滨海新区 | 海兴县 | 黄骅市 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 海平面上升 风险指数 | 1.07 | 0.84 | 0.81 | 1.04 | 0.82 | 1.25 | 1.32 | 1.36 | 0.78 | 1.95 | 1.07 | 1.38 |

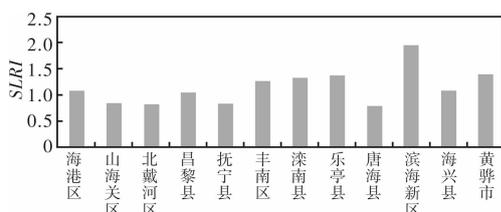
的防灾减灾能力相对较弱(图 5)。

图 5 各评估单元防灾减灾能力指数(R)示意图

2.6 海平面上升风险评估

根据已建立的风险评估模型和计算方法, 计算津冀沿海地区各风险区的海平面上升风险值。综合各评估单元的危险性、暴露性、脆弱性和防灾减灾能力评估结论, 将各评估单元的危险性指数值、暴露性指数值、脆弱性指数值和防灾减灾能力指数值和权重系数代入到海平面上升的风险指数计算模型中, 获得各评估单元的海平面上升风险指数值(表 9)。

从评估结果来看, 天津滨海新区的风险指数达到 1.95, 这主要是因为该评估单元的危险性指数、暴露性指数和脆弱性指数都是最高的, 而它的防灾减灾能力指数只排在第 4 位, 综合起来其潜在的海平面上升风险程度最高; 其它评估单元或是危险程度较高如黄骅市、乐亭县、滦南县、丰南区、海兴县等, 或是暴露程度较高如海港区、丰南区、滦南县等, 或是脆弱程度较高如海港区、北戴河区、山海关区等, 导致它们可能面临的海平面上升风险相对较高; 其中丰南区、海港区的防灾减灾能力较强, 抵消了一部分其它因子的影响, 风险程度有所下降; 唐海县的危险性、暴露性、脆弱性程度不高, 且防灾减灾能力较强, 所以其海平面上升风险最低(图 6)。

图 6 各评估单元风险指数($SLRI$)示意图

2.7 风险区划

为了沿海各级政府科学应对海平面上升可能带来的影响, 按照风险评估指数的大小, 将各评估单元划分为微度风险、轻度风险、中度风险和重度风险等 4 个等级。根据计算的海平面上升风险值的大小和沿海地区海平面上升及影响的现状, 设置海平面上升风险度划分标准(表 10)。

表 10 海平面上升风险等级划分

| 风险指数值 | > 1.5 | 1.2 ~ 1.5 | 0.9 ~ 1.2 | < 0.9 |
|-------|-------|-----------|-----------|-------|
| 风险程度 | 重度风险 | 中度风险 | 轻度风险 | 微度风险 |

划分结果(图 7)表明: 天津滨海新区属于海平面上升重度风险, 黄骅市、乐亭县、滦南县、丰南区为中度风险, 海港区、海兴县、昌黎县为轻度风险, 山海关区、北戴河区、抚宁县、唐海县为微度风险。



图 7 津冀沿海地区海平面上升风险区划图

3 结论和讨论

由于地区间的自然环境与社会经济发展水平差异较大, 对全球变化带来的影响表现出的敏感性和脆弱性不同, 地方管理部门和决策者应对未来全球变化的防范措施和适应性管理也不完全一致, 因此评估区域尺度, 特别是地区尺度海平面上升的风险更具有实际意义。区域或地区海平面上升风险评估, 需将全球变化作为背景, 结合区域或地区社会经济发展模式, 综合分析全球变化和区域、地区人类活动干扰共同作用下的自然系统变化, 通过建立一系列区域或地区未来自然系统变化情景, 评估不同发展模式下海平面变化带来的影响。同时, 区域或地区海平面上升风险评估需要纳入区域或地区发展与管理的决策体系中, 才能更有效地为区域或地区对资源理性开发与合理利用提供科学依据。

从风险管理的角度, 对于不同的风险等级需要采取的处置和应对方式不同。对于重度风险的地区如天津滨海新区, 需要立即采取相关措施, 需要行政关注, 在海岸带开发建设是应充分考虑海平面上升的影响, 进一步进行调查分析和开展海岸带脆弱性评估; 对于中度风险的地区如黄骅市、乐亭县、滦南县、丰南区等, 需要高层管理者关注, 在海岸带开发建设是应充分考虑海平面

上升的影响, 可根据需求进一步调查分析和评估海岸带脆弱性; 对于轻度风险的地区如海港区、海兴县、昌黎县等, 可能需要采取必要的应对措施, 必须明确风险管理职责; 对于微度风险的地区如山海关区、北戴河区、抚宁县、唐海县等, 可以暂不需要采取行动、按常规管理程序处理。

风险评估结论直接受制于所能获取的信息量, 只有得到充足的数据信息才能使评估结论更加可靠和实用。由于搜集津冀沿海大量海平面及其影响信息、社会经济发展和生态环境数据十分困难, 本文的风险评估只选择了 11 个指标, 主要考虑了社会经济方面的影响, 而没有涉及生态环境方面, 评估的指标体系有待进一步完善, 可以设置更多的指标, 以使得评估结果更加客观全面。

参考文献:

- [1] 秦大河. 中国气候与环境演变(上卷): 气候与环境的演变及预测[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 536-542.
- [2] 段丽瑶, 赵玉洁, 王彦, 等. 气候变化和人类活动对天津海岸带影响综述[J]. 灾害学, 2012, 27(2): 119-123, 129.
- [3] 国家海洋局. 2009 年中国海平面公报[EB/OL]. (2010-03-05)[2010-05-16]. http://www.soa.gov.cn/zwgk/hygb/zghpmgb/201211/20121105_5566.html.
- [4] 段晓峰, 许学工. 海平面上升的风险评估研究进展与展望[J]. 海洋湖沼通报, 2008, 30(4): 116-122.
- [5] Gornitz V. Global coastal hazards from future sea level rise [J]. *Global and Planetary Change*, 1991, 3(4): 379-398.
- [6] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *Emissions Scenarios 2000* [M]. ERSI, Cambridge: 2000.
- [7] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *Climate Change 2001: The Scientific Basis* [M]. edited by J. T. Houghton et al., Cambridge Univ. Press, Cambridge, U. K., 2001.
- [8] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [M]. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2007.
- [9] Frihy O E. The Nile Delta-Alexandria coast: vulnerability to sea-level rise, consequences and adaptation [J]. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 2003, 8: 115-138.
- [10] 中国科学院地学部. 海平面上升对沿海地区经济发展的影响与对策[M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [11] 任美镔. 我国海面上升及其对策[J]. *大自然探索*, 1991, 10(35): 7-10.
- [12] 杜碧兰, 田素珍, 吕春花. 海平面上升对中国沿海主要脆弱区的影响及对策[M]. 北京: 海洋出版社, 1997.
- [13] 施雅风, 朱季文, 谢志仁. 长江三角洲及毗连地区海平面上升影响预测与防治对策[J]. *中国科学(D 辑)*, 2000, 30(3): 225-232.
- [14] 中国气象局. 中国气候变化评估报告[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [15] 国家气候中心气候变化影响评估部. 气候变化影响综合评估方法(2.5 版)[R]. 北京: 国家气候中心气候, 2010.
- [16] 倪长健. 论自然灾害风险评估的途径[J]. *灾害学*, 2013, 28(2): 1-5.
- [17] 张继权, 李宁. 主要气象灾害风险评价与管理的数量化方法及其应用[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2007.

The Risk Assessment Research on the Sea Level Rise of Tianjin and Hebei Coastal Areas

Li Xiang, Duan Xiaofeng, Liu Kexiu, Chen Manchun and Zhang Zengjian
(National Marine Data and Information Service, Tianjin 300171, China)

Abstract: Sea level rise which caused by climate change will bring serious affect to the socio-economic development and ecological environment of coastal areas. The low-lying coastal areas of Tianjin and Hebei province are vulnerable to the direct impact of the sea level rise. The coastal areas of Tianjin and Hebei are taken as an example to demonstrate the application of the risk assessment methods of the sea level rise, zoning the risk of the sea level rise, and to give the recommendations of the risk management. The results show that, Tianjin Binhai New Area and Huang Hua have high risk of sea level rise, the factor of sea level rise should be fully considered in the coastal development planning and major construction projects.

Key words: sea level rise; risk assessment; risk zoning