

Doi: 10.11840/j.issn.1001-6392.2018.06.008

百年一遇潮位淹没影响下山东沿海地区经济脆弱性评价

李梦梦, 罗新正

(烟台大学 环境与材料工程学院, 山东 烟台 264005)

摘 要: 经济发达的山东沿海局部地区地势低平, 海堤多为五十年一遇标准, 一旦发生百年一遇风暴潮淹没事件, 将会带来巨大的经济损失。因此, 对山东沿海地区经济脆弱性进行评价, 有助于减灾防灾措施的实施。本文借助 DEM、遥感数据和 GIS 评价百年一遇潮位淹没影响下山东沿海地区经济脆弱性。研究结果如下: 百年一遇潮位淹没影响范围主要集中在潍坊、东营和滨州; 龙口、福山、芝罘、莱山、威海四市、临胶州湾各区与日照沿海的东港区和岚山区 GDP 密度较高, 滨州、东营、潍坊各市、区, 莱州、招远、蓬莱、牟平、海阳、莱阳、即墨与平度的 GDP 密度较低; 淹没深度较大地区集中在潍坊、东营部分地区, 胶州湾及日照沿海地区; 结果表明: (1) 经济脆弱性极高地区分布在寒亭区, 城阳区; 经济脆弱性很高地区为黄岛区; 经济脆弱性为高的地区有东港区、莱州市、寿光市、昌邑县、广饶县与东营区等地; (2) 脆弱性成因: 寒亭区、寿光市、昌邑县、广饶县、东营区、莱州市、县是淹没面积大, 淹没深度大; 黄岛区、东港区及城阳是 GDP 密度大, 淹没深度大; (3) 预防风暴潮灾害可通过加强预警预报与应急预案建设, 调整经济分布, 加强桉柳湿地保护与积极扩大桉柳湿地范围等方法。

关键词: 百年一遇潮位; 山东沿海地区; GDP; 脆弱性评价; 淹没

中图分类号: X43

文献标识码: A

文章编号: 1001-6932(2018)06-0667-09

Evaluation of the economic vulnerability of Shandong coastal areas under the influence of hundred-year tide level

LI Meng-meng, LUO Xin-zheng

(College of Environment and Materials Engineering, Yantai University, Yantai 264005, China)

Abstract: Shandong's coastal areas have developed economy and dense population. However, the terrain is low in some areas and the standard of many seawalls are fifty years once. In the event of a hundred-year storm surge inundation, there will be enormous economic losses. Therefore, an assessment of the economic vulnerability of Shandong's coastal areas will help to take disaster mitigation and prevention measures. In this paper, DEM, remote sensing data and GIS are used to evaluate the impact of the once-in-one-hundred tide bursts on the economic vulnerability of Shandong coastal areas. The results of the study are as follows: The impact range of submerged hundred-year tidal level is mainly concentrated in Weifang, Dongying and Binzhou; Longkou, Fushan, Zhifu, Laishan and Weihai cities, Donggang and Lanshan. The densities of GDP in Binzhou, Dongying, Weifang, Laizhou, Zhaoyuan, Penglai, Muping, Haiyang, Laiyang, Jimo and Pingdu are relatively low. The submerged deeper areas are concentrated in Weifang, part of Dongying, Jiaozhou Bay and Rizhao coastal areas. The results show as follows: (1) The areas with extremely high economic vulnerability are distributed in Hanting and Chengyang districts; the areas with very high economic vulnerability are Huangdao district; the areas with high economic vulnerability

收稿日期: 2018-01-17; 修订日期: 2018-03-27

基金项目: 海洋沉积与环境地质国家海洋局重点实验室开放基金资助项目 (MASEG201203)。

作者简介: 李梦梦 (1992-), 硕士研究生, 主要从事海岸带环境演化研究。电子邮箱: leedreameng@hotmail.com。

通讯作者: 罗新正, 博士, 教授, 主要从事海岸带环境演化方面的研究。电子邮箱: xzhluo@163.com。

include Donggang district, Laizhou city, Shouguang city, Changyi county, Guangrao county and Dongying district. (2) Causes of vulnerability: Hanting district, Shouguang city, Changyi county, Guangrao county, Dongying district and Laizhou city have large submerged area, large inundation depth; Huangdao district, Donggang district and Chengyang have large GDP density, large submerged depth. (3) Preventing storm surge disasters can be achieved by strengthening the construction of early warning and emergency plans, strengthening the construction of early warning and emergency plans, adjusting the economic distribution, strengthening the conservation of Baish Willow wetland and actively expanding the scope of Baisha Willow wetland.

Keywords: hundred-year tidal level; Shandong coastal area; GDP; vulnerability assessment; submerged

山东沿海地区地理位置优越, 经济发达, 特别是石化、盐化、机械、船舶、旅游等产业, 在 2015 年山东省内 GDP 排名前五的地市, 沿海城市占了 3 个 (山东省统计局等, 2016)。研究区内有黄河三角洲高效生态经济区和山东半岛蓝色经济区, 在这两大经济战略的支持及其自身区位和资源优势下, 其经济发展势态良好。

但是, 由于沿海地区地势平坦, 易受风暴潮危害。1997 年“9711”号台风风暴潮经济损失达 115×10^9 元, 2007 年特大温带风暴潮导致山东沿海地区直接经济损失 21.0×10^9 元, 2010 年以来, 由于风暴潮影响, 山东沿海地区直接经济损失 42.54×10^9 元。因此, 为减少或避免风暴潮的威胁, 对研究区内百年一遇风暴潮淹没区域进行预测, 为提前采取防护和减灾措施提供依据是很有必要的。

李博等 (2016) 在分析中国海洋经济系统脆弱性研究中利用脆弱性和集对分析结合的方法, 分析了 1996–2012 年间中国海洋经济系统的脆弱性趋势, 通过回归分析得到主导因素; 梁海燕在海等 (2005) 口湾沿岸风暴潮风险评估中, 将损失分为个人家庭、国家、农作物、海水养殖等类别, 计算得到总经济损失及各类别在损失中占的比重, 在损失指标种类选取上值得我们学习; 闫白洋等 (2016) 评价风暴潮影响下上海市社会经济脆弱性时, 对土地利用类型分类讨论, 计算得到受灾地区社会损失和人员损失的货币总价值, 并叠加政府的灾害应对能力得到脆弱性程度, 将脆弱性评价量化并以经济损失表示, 使结果更加直观。上述两篇文献在人员伤亡损失上, 以货币价值、赔付额计算, 该方法或需慎重考虑。王康发生等 (2011) 在海平面上升背景下中国沿海台风风暴潮脆弱性分析中, 分析了淹没影响的土地范围、人口和 GDP 三个指标, 不同重现期三个指标的损失情况使得分析在时间和空间上都有体现。

与本文类似, 文献同时分析了受影响 GDP, 与受影响 GDP 的百分比, 但王以当地地面高程数据划分脆弱性等级, 而本文的脆弱性等级划分是以受影响的经济指数划分。

本文根据研究区内东风港、羊角沟、龙口、烟台、威海、乳山、青岛、日照在内的八个验潮站百年一遇潮位数据与数字高程模型预测研究区淹没范围。以县、市、区为基本单元, 计算基本单元 GDP 密度, 海拔高度, 淹没面积, 把淹没面积比、海拔高度比与 GDP 密度比三者乘积作为脆弱性指数 (Joern et al, 2014; Andrzej et al, 2007)。将脆弱性指数标准化后分 7 级, 得到各基本单元的经济脆弱性等级, 并进行评价。

1 研究区概况

山东沿海地区北起滨州章卫新河, 南到日照绣针河河口。地处 117.54°E – 119.36°E , 35.08°N – 38.27°N 之间, 滨邻渤海、黄海。包括 35 个县、市、区 (图 1)。

研究区属温带季风气候, 全年平均风速为 $3.2 \sim 6.7 \text{ m/s}$ 。冬季多偏北风, 冬春风速高, 最大风在 11 月份, 最大风速 $20 \sim 35 \text{ m/s}$; 夏季多偏南风, 夏秋风速较小。

研究区北部与西部为平原, 地势低平, 南部与东部是低山丘陵, 间有冲积平原及台地, 地势稍低。

研究区滨州以盐化、铝产业、旅游业、化工与冬枣产业为主要产业; 东营市主要产业有石油开采、石油装备制造及海水养殖等; 潍坊主要分布有农业、水产养殖、海洋化工及石化等产业; 烟台主要产业为种植业、渔业及旅游业等; 威海主要产业是海产品生产加工、新能源及滨海旅游等; 青岛市以造船海工、石化、生物医药与旅游为主要产业; 日照以化工、物流及旅游为主要产业。

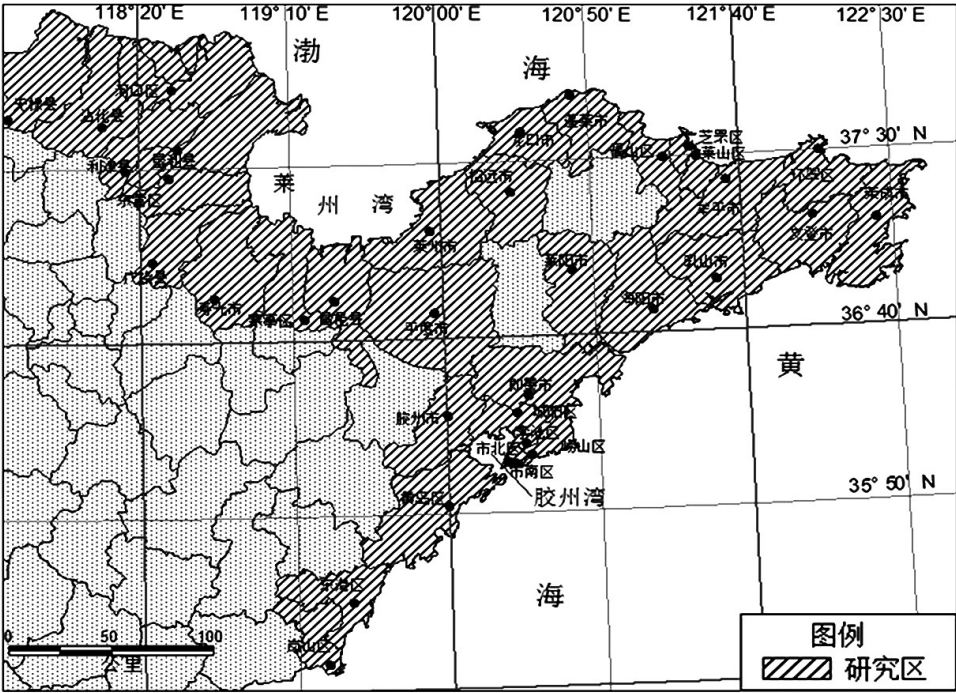


图1 研究区位置

研究区，特别是渤海湾、莱州湾一带，几乎每年都会 有风暴潮出现，但海堤防护标准比较低，重点海堤防护标准为五十年一遇，且达标率不足 60%，对百年一遇潮位无抵抗力（富曾慈，2002），一旦发生百年一遇风暴潮，将会造成巨大的损失。

2 研究方法

2.1 数据获取

2.1.1 潮位数据

本文选取了山东沿海地区 8 个潮位站，通过 查阅文献资料，获得各潮位站百年一遇潮位高度（罗新正 等，2015；齐鹏 等，2010；李明杰 等，2009；于宜法 等，2003）（表 1）。

表 1 潮位站及其潮高原始数据

潮位站	潮高/m	起算位置
东风港	2.39	大地水准面
羊角沟	4.22	大地水准面
龙口	3.12	大地水准面
烟台	4.67	水尺零点
威海	3.04	水尺零点
乳山口	5.29	水尺零点
青岛	5.58	水尺零点
日照	5.85	水尺零点

2.1.2 遥感影像数据

选取覆盖整个山东省的 landsat ETM 影像共 15 景，轨道号为：p119（r034-r035），p120（r034-r036），p121（r034-r036），p122（r033-r036），p123（r034-r036）。数据来源于中国科学院计算机网络信息中心地理空间数据云平台（<http://www.gscloud.cn>）。

2.1.3 数字高程模型

选取覆盖研究区 SRTM DEM 共 13 景，轨道号 为：N35（E119-E120），N36（E120-122），N37（E118-E122），N38（E117-E120）。数据来源于 Global Land Cover Facility（<http://www.landcover.org/data/glsdem/>）。

2.1.4 指标数据

通过各地市年鉴、统计年鉴（潍坊市统计局 等，2016；滨州市地方史志办公室，2016；东营 市史志办公室，2016；河口区人民政府，2017； 青岛市统计局 等，2016；日照市统计局，2015； 威海市地方史志办公室，2016；中国·烟台政务公 开专页，2016；威海统计局，2016；国家统计局 农村社会经济调查司，2017；即墨市史志办公室， 2016；东营区地方史志办公室，2016；垦利县党 史史志办公室，2016；东营市人民政府门户网站， 2015；潍坊市地方史志办公室，2015；日照市地

方史志办公室, 2015; 无棣县地方史志办公室, 2015) 得到各区县的面积和地区年生产总值 (GDP) 的统计数据。

2.2 软件

本文使用软件: ENVI5.1, Global Mapper14.1, Mapinfo Professional。

ENVI5.1 是一个遥感图像处理软件, 本研究主要使用其对 landsat ETM 遥感影像进行波段叠加, 镶嵌等处理, 并提取地理信息等处理功能。

Global Mapper14.1 是一个制图软件, 主要用来输入 Dem 影像提取各验潮站百年一遇潮位线。

MapInfo 是地理信息系统软件, 用它提取有效潮位线, 通过切割、分解、合并, 得到连续的百年一遇潮位线。

2.3 技术路线

根据前人研究成果, 获得研究区内选取的各潮位站百年一遇潮位高度 (罗新正等, 2015; 齐鹏等, 2010; 李明杰等, 2009; 于宜法等, 2003), 因各潮位数据的基准面不同, 且 Dem 数据的基准面为大地水准面, 所以由不同基准面之间的关系 (焦文海等, 2002; 国家海洋信息中心, 2008) (式1, 2), 获得各潮位站统一在大地水准面上的百年一遇潮位数据, 以便于根据 Dem 输出百年一遇潮位线。

$$D_{85} = A - d \quad (1)$$

式中: A 为以当地水尺零点起算的百年一遇潮位; d 为当地水尺零点在 85 高下的深度; D_{85} 为以 85 高程起算的百年一遇潮位数据。

$$G = D_{85} + 26 \quad (2)$$

式中: G 为以大地水准面起算的百年一遇潮位数据 (CM)。

将 Dem 影像输入 Global Mapper, 输入校正后各验潮站百年一遇潮位数据, 提取潮位线, 输出为矢量数据, Mapinfo Tab/Map 格式。

用 Mapinfo 提取 Global Mapper 输出潮位线的有效部分, 通过潮位站的位置和 M2 分潮线 (胡松等, 2012) 的共同作用, 对有效潮位线切割、分解、合并, 得到贯穿研究区完整的百年一遇潮位线。

利用 ENVI5.1 对 landsat ETM 影像的 5、4、3 波段合成, 合成后的影像能更好地显示地物特征, 再对合成后的影像进行镶嵌处理, 提取山东省沿海地区边界作为研究区边界。

通过 Mapinfo 软件将研究区内的行政区底图叠加经济数据, 得到各行政区划的经济密度; 用百年一遇潮位线与研究区内的行政区底图叠加, 用潮位线分割底图, 得到各行政区内的淹没范围。

以县、市、区作为评价基本单元, 假定基本单元内 GDP 分布均匀, 选取基本单元的淹没面积及其 GDP 作为评价指标。事实上, GDP 在基本单元内的分布并不均匀, 为提高淹没区 GDP 密度的精确性, 根据数据的获得性, 河口区、利津、垦利、东营区、广饶、寿光、荣成、文登、乳山、即墨等 10 个地区评价基本单元细化到乡镇街道级。经济脆弱性指数 (E) 由公式 3、公式 4、公式 5、公式 6 (Joern et al, 2014; Andrzej et al, 2007) 计算得出。

$$E = S \times H \times P \quad (3)$$

式中: E 为单元脆弱性指数; S 为单元淹没面积比; H 为单元淹没深度比; P 为单元 GDP 密度比。

$$S = s_i / s_{\max} \quad (4)$$

式中: s_i 为单元淹没面积; $s_{\max}$ 为单元最大淹没面积。

$$H = (T_i - h_i) / T_i \quad (5)$$

式中: T_i 为单元百年一遇潮位; h_i 为单元平均海拔高度。

$$P = p_i / p_{\max} \quad (6)$$

式中: p_i 为单元 GDP 密度; $p_{\max}$ 为单元最大 GDP 密度;

$$F = (E_i - E_{\min}) / (E_{\max} - E_{\min}) \quad (7)$$

式中: F 为单元脆弱性指数标准值; $E_{\min}$ 为单元脆弱性指数最小值; $E_{\max}$ 为单元脆弱性指数最大值;

将脆弱性指数根据公式 7 标准化后分 7 级 (表 2), 得到不同区域百年一遇风暴潮影响下的各地区脆弱性程度。

表 2 山东沿海地区经济脆弱性分级

等级	F
极低	0 ~ 0.001
很低	0.001 ~ 0.01
低	0.01 ~ 0.10
中	0.1 ~ 0.25
高	0.25 ~ 0.50
很高	0.50 ~ 0.75
极高	0.75 ~ 1.00

3 研究结果

3.1 以大地水准面为基准的百年一遇潮位

根据各潮位站百年一遇潮位数据，利用公式 1 和公式 2 计算得到各潮位站以大地水准面为基准的百年一遇潮位。根据 M2 分潮等振幅线（胡松等，2012）的分布，结合潮位站位置，确定各潮位站代表岸段（表 3）。

3.2 百年一遇潮位淹没影响范围

利用表 3 数据，用 Global Mapper 得到各验潮站的百年一遇潮位线。对各验潮站的百年一遇潮

表 3 百年一遇潮位与其代表岸段

潮位站	潮高/m	代表岸段
东风港	2.39	章卫新河-河口孤岛
羊角沟	4.22	河口孤岛-莱州虎头崖
龙口	3.12	莱州虎头崖-蓬莱角
烟台	3.46	蓬莱角-牟平大窑
威海	1.99	牟平大窑-荣成人和
乳山口	3.35	荣成人和-莱阳羊郡
青岛	3.45	莱阳羊郡-黄岛琅琊
日照	4.22	黄岛琅琊-绣针

位线分割、合并，获得山东沿海地区百年一遇潮位线。将此百年一遇潮位线与研究区底图叠加，获得百年一遇潮位淹没影响范围（图 2）。

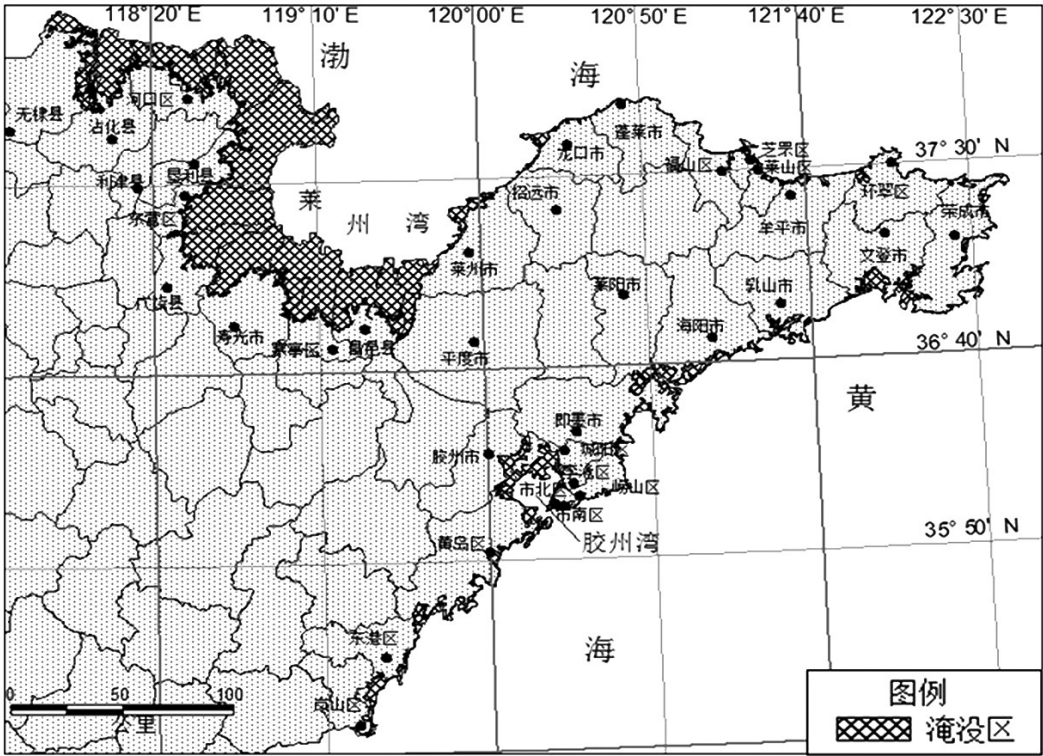


图 2 百年一遇潮位淹没范围

3.3 百年一遇潮位影响的各行政区 GDP 密度

通过各行政区面积和地区年生产总值（GDP）的统计数据，计算得到各行政区的 GDP 密度值（表 4）。其中龙口、福山、芝罘、莱山、威海五市、临胶州湾各区与日照沿海的东港区和岚山区 GDP 密度较高，滨州、东营、潍坊各地，莱州、招远、蓬莱、牟平、海阳、莱阳、即墨与平度的 GDP 密度较低。根据公式 6 得到 GDP 密度比（P）（表 5）。

3.4 百年一遇潮位影响的各行政区淹没面积比

通过百年一遇潮位数据和各行政区淹没面积，其中淹没范围主要集中在东营，滨州与潍坊。根据公式 4 计算得到各行政区淹没面积比（S）（表 6）。

3.5 百年一遇潮位影响的各行政区淹没深度比

通过百年一遇潮位数据和各行政区平均海拔高度。其中潍坊，东营部分地区，胶州湾及日照沿海地区淹没深度较大。根据公式 5 计算得到各行政区淹没深度比（H）（表 7）。

表 4 各行政区 GDP 密度值 (GDP/km², 1 × 10⁴ 元)

行政区	GDP 密度	地区	GDP 密度
无棣县	1 424.37	海阳市	1 373.08
沾化县	786.70	莱阳市	1 764.57
河口区	949.61	文登市	8 805.93
利津	172.07	乳山市	7 075.30
垦利县	341.19	环翠区	8 059.24
东营区	2 565.07	荣成市	9 020.53
广饶县	4 060.65	即墨市	1 586.43
寿光市	2 158.47	平度市	2 453.56
寒亭区	3 783.51	胶州市	7 410.50
昌邑县	2 311.52	城阳区	15 951.36
莱州市	3 490.28	李沧区	32 755.80
招远市	4 191.86	市北区	97 885.32
龙口市	10 991.83	市南区	314 968.34
蓬莱市	3 877.82	黄岛区	11 929.15
芝罘区	20 236.11	崂山区	12 880.24
莱山区	7 174.21	东港区	8 188.05
福山区	18 666.36	岚山区	7 064.40
牟平市	2 004.17		

表 5 各行政区 GDP 密度比

行政区	P	行政区	P
无棣县	0.0045	文登市	0.0280
沾化县	0.0025	海阳市	0.0044
平度市	0.0078	崂山区	0.0409
垦利县	0.0011	胶州市	0.0235
广饶县	0.0129	乳山市	0.0225
东营区	0.0081	莱阳市	0.0056
昌邑县	0.0073	市北区	0.3107
寿光市	0.0069	城阳区	0.0506
寒亭区	0.0120	李沧区	0.1040
龙口市	0.0349	即墨市	0.0050
招远市	0.0133	市南区	1
福山区	0.0593	荣成市	0.0286
芝罘区	0.0642	东港区	0.0260
莱山区	0.0228	岚山区	0.0224
蓬莱市	0.0123	黄岛区	0.0370
莱州市	0.0111	河口区	0.0030
环翠区	0.0256	利津刁口	0.0005
牟平市	0.0064		

表 6 各行政区淹没面积比

行政区	S	行政区	S
无棣县	0.2236	文登市	0.0932
沾化县	0.5059	海阳市	0.1074
平度市	0.0690	崂山区	0.0112
垦利县	1	胶州市	0.0811
广饶县	0.3020	乳山市	0.0451
东营区	0.5047	莱阳市	0.0376
昌邑县	0.5204	市北区	0.0018
寿光市	0.5057	城阳区	0.1142
寒亭区	0.5854	李沧区	0.0066
龙口市	0.0442	即墨市	0.0900
招远市	0.0037	市南区	0.0018
福山区	0.0104	荣成市	0.0911
芝罘区	0.0144	东港区	0.0938
莱山区	0.0084	岚山区	0.0280
蓬莱市	0.0099	黄岛区	0.1668
莱州市	0.2133	河口区	0.6477
环翠区	0.0254	利津刁口	0.0877
牟平市	0.0276		

表 7 各行政区淹没深度比

行政区	H	行政区	H
无棣县	0.4770	文登市	0.2537
沾化县	0.3723	海阳市	0.5522
平度市	0.2299	崂山区	0.7101
垦利县	0.6445	胶州市	0.4203
广饶县	0.6445	乳山市	0.5522
东营区	0.6445	莱阳市	0.5522
昌邑县	0.6445	市北区	0.7101
寿光市	0.6445	城阳区	0.8551
寒亭区	0.8815	李沧区	0.7101
龙口市	0.3590	即墨市	0.5652
招远市	0.6795	市南区	0.8551
福山区	0.8555	荣成市	0.3747
芝罘区	0.8555	东港区	0.7801
莱山区	0.2052	岚山区	0.4868
蓬莱市	0.7110	黄岛区	0.7101
莱州市	0.6795	河口区	0.5816
环翠区	0.8749	利津刁口	0.5816
牟平市	0.9277		

4 讨论

4.1 评价假设条件

(1) 假定评价单元经济密度平均分布, 论文

为了克服这种不确定性, 在资料收集中尽量做到评价单元最小化。(2) 假定各个单元的抗灾能力是一致的, 没有考虑抗灾能力对脆弱性影响。(3) 面积比/深度比对脆弱性影响, 是定性的描述, 以后的研究中需要更进一步做到定量。

4.2 经济脆弱性评价

利用百年一遇潮位淹没范围和各行政区 GDP 密度值，根据式 3、4、5、6 得到脆弱性指数 (E)，并通过公式 7 得到其标准化值 (F) (表 8)，由表 2 对不同区域经济脆弱性分为 7 级，制作经济脆弱性分布专题地图 (图 3)。

表 8 百年一遇潮位影响下的脆弱性指数标准化值

行政区	F	行政区	F
无棣县	0.074	崂山区	0.048
沾化县	0.072	胶州市	0.125
平度市	0.015	乳山市	0.086
广饶县	0.402	莱阳市	0.014
东营区	0.425	市北区	0.061
昌邑县	0.394	城阳区	0.797
寿光市	0.357	李沧区	0.074
寒亭区	1	即墨市	0.037
龙口市	0.085	市南区	0.244
招远市	0.001	荣成市	0.154
福山区	0.081	东港区	0.304
莱山区	0.002	岚山区	0.045
蓬莱市	0.010	黄岛区	0.723
莱州市	0.256	河口区	0.180
环翠区	0.088	利津刁口	0
牟平市	0.022	芝罘区	0.124
文登市	0.103	垦利县	0.109
海阳市	0.037		

百年一遇潮位影响的经济脆弱性分布，脆弱性极高的地区在寒亭区、城阳区；脆弱性很高的地区是黄岛区；脆弱性为高的地区有莱州市、东港区、寿光市、昌邑县、广饶县、东营区；脆弱性为中的地区有文登市、垦利县、芝罘区、胶州市、荣成市、河口区、市南区；脆弱性为低的地区有莱阳市、平度市、牟平市、即墨市、海阳市、岚山区、崂山区、市北区、沾化县、无棣县、李沧区、福山区、龙口市、乳山市、环翠区；脆弱性为很低的地区有莱山区和蓬莱市；脆弱性为极低的地区有利津和招远市。

4.3 影响经济脆弱性的原因

经济脆弱性极高的地区有寒亭区和城阳区；脆弱性很高仅黄岛区；脆弱性为高的地区有莱州市、东港区、寿光市、昌邑县、广饶县、东营区。

4.3.1 海堤防御能力

研究区海堤标准低，仅重点海堤预防标准为五十年一遇，且达标率不足 60%，对百年一遇潮位无抵抗力 (富曾慈, 2002)，因此海堤防御能力有限。

4.3.2 GDP 密度与淹没深度影响

淹没深度大，GDP 密度大，淹没面积小造成的经济脆弱性。脆弱性极高的城阳区，脆弱性很高的黄岛区及脆弱性为高的东港区属于此类。如

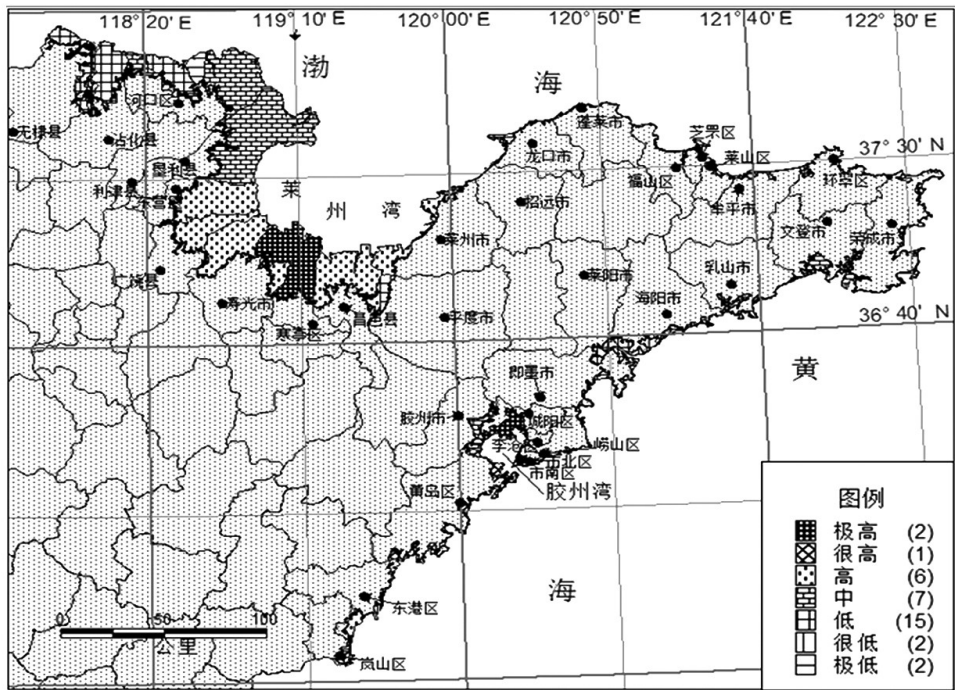


图 3 经济脆弱性分布

城阳区淹没面积比为 0.114 2, 但淹没深度比为 0.855 0, GDP 密度比为 0.050 6。

4.3.3 淹没面积与淹没深度影响

淹没面积大, 淹没深度大, GDP 密度小造成的经济脆弱性。脆弱性极高的寒亭区, 脆弱性高的莱州市、寿光市、昌邑县、广饶县、东营区属于此类。如寒亭区 GDP 密度比为 0.012 0, 但淹没面积比为 0.585 3, 淹没深度比为 0.881 6。

4.4 对策

4.4.1 强预警预报与应急预案建设

实时监测潮位, 及时发布预警预报信息, 完善应急预案, 城市防灾。

4.4.2 防潮堤建设

解决普遍存在的防潮堤年久失修, 防御能力下降的问题, 及时修缮恢复功能。重点岸段, 如胶州湾, 莱州湾西、南岸段, 应提高防潮堤防护标准。

4.4.3 调整经济分布

对于资源依赖性弱的产业, 可逐渐迁离淹没影响区, 或从淹没深度较大的地方迁至淹没深度较小的地方; 对于资源依赖性强的产业, 可提高建筑物基础, 或建设局部围挡, 以减轻淹没带来的损失。

4.4.4 加强怪柳湿地保护, 积极扩大怪柳湿地范围

怪柳湿地具有破浪消能作用, 能够防御潮水波浪对防护工程的冲蚀和破坏, 有效延长防护工程寿命。

山东沿海地区怪柳湿地呈斑块状分布, 防浪功能和效果受到了显著影响。在胶州湾沿岸、莱州湾沿岸重要岸段, 加强怪柳湿地建设, 可有效防御风暴潮危害。

5 结论

基于百年一遇风暴潮潮位, 利用 landsat 影像数据, Dem 高程模型, 通过地理信息系统分析研究区经济脆弱性, 结论如下:

(1) 在百年一遇潮位淹没影响下, 山东沿海地区寒亭区, 城阳区经济脆弱性极高; 黄岛区经济脆弱性很高; 莱州市、东港区、寿光市、昌邑县、广饶县与东营区经济脆弱性高; 文登市、垦利县、芝罘区、胶州市、荣成市、河口区与市南

区经济脆弱性为中; 莱阳市、平度市、牟平市、即墨市、海阳市、岚山区、崂山区、市北区、沾化县、无棣县、李沧区、福山区、龙口市、乳山市、环翠区经济脆弱性低; 莱山区和蓬莱市经济脆弱性很低; 利津和招远市经济脆弱性极低。

(2) 经济脆弱性成因不同。寒亭区、寿光市、昌邑县、广饶县、东营区与莱州市的脆弱性的成因是淹没面积大, 淹没深度大; 城阳区、黄岛区及东港区脆弱性的成因是 GDP 密度大, 淹没深度大。

(3) 通过加强预警预报与应急预案建设, 加强预警预报与应急预案建设, 调整经济分布, 加强怪柳湿地保护与积极扩大怪柳湿地范围等方法降低风暴潮灾害。

致谢: 烟台大学环境与材料工程学院杨启霞老师、张晓龙老师, 在数据处理与文章修改中提出了许多宝贵问题, 并给予了許多宝贵意见; 崔荣老师也为文章修改提供帮助, 在此一并致谢。

参 考 文 献

- Joern B, Stefan K, David A, 2014. Assessment of Vulnerability to Natural Hazards. Elsevier Inc.
- Andrzej J A K, Jaroslav V, Witkowski, 2007. Groundwater Vulnerability Assessment and Mapping. Tylor & Franc's Group.
- 山东省统计局. 国家统计局山东调查总队, 2016. 山东统计年鉴. 北京: 中国统计出版社.
- 李博, 苏飞, 杨智, 等, 2016. 基于集对分析的中国海洋经济系统脆弱性研究. 地理科学, 36(1): 47-54.
- 梁海燕, 邹欣庆, 2005. 海口湾沿岸风暴潮风险评估. 海洋学报, 27(5): 22-29.
- 张利权, 闫白洋, 2016. 海平面上升叠加风暴潮影响下上海市社会经济脆弱性评价. 上海: 华东师范大学.
- 王康发生, 尹占娥, 殷杰, 2011. 海平面上升背景下中国沿海台风风暴潮脆弱性分析. 热带海洋学报, 30(6): 31-36.
- 富曾慈, 2002. 中国海岸台风、暴雨、风暴潮灾害及防御措施. 水利规划设计, (2): 44-47.
- 罗新正, 刘焱光, 龙飞鸿, 等, 2015. 山东沿渤海地区百年一遇高潮位影响人口的预测. 海洋通报, 34(6): 601-607.
2010. 基于信息扩散原理的渤、黄海沿岸风暴潮灾害风险分析. 海洋与湖沼, 41(4): 628-632.
- 侯一筠, 李明杰, 齐鹏, 2009. 山东沿岸多年一遇最高水位计算. 海洋科学, 33(11): 78-81.
- 于宜法, 俞丰修, 2003. 海平面长期变化对推算多年一遇极值水位的影响. 海洋学报(中文版), (3): 1-7.
- 潍坊市统计局, 国家统计局潍坊调查队, 2016. 潍坊统计年鉴. 北京: 中国统计出版社.

- 滨州市地方史志办公室, 2016. 滨州年鉴. 北京: 线装书局.
- 东营市史志办公室, 2016. 东营年鉴. 北京: 中华书局.
- 河口区人民政府, [2017-04-28]. 2016 年东营市河口区国民经济和社会发展统计报. <http://www.sdhekou.gov.cn>
- 青岛市统计局, 国家统计局青岛调查队, 2016. 青岛统计年鉴. 北京: 中国统计出版社.
- 日照市统计局, 2015. 日照统计年鉴. 北京: 中国统计出版社.
- 威海市地方史志办公室, 2016. 威海年鉴. 北京: 方志出版社.
- 中国·烟台政务公开专题. 2015 烟台统计年鉴. <http://xxgk.yantai.gov.cn>
- 威海统计局, 2016. 威海统计年鉴. <http://www.stats-wh.gov.cn>
- 国家统计局农村社会经济调查司, 2017. 中国县域统计年鉴. 北京: 中国统计出版社.
- 即墨市史志办公室, 2016. 即墨年鉴. 济南: 黄河出版社.
- 东营区地方史志办公室, 2016. 东营区年鉴. 北京: 中国文史出版社.
- 垦利县党史史志办公室, 2016. 垦利年鉴. 北京: 线装书局.
- 东营市人民政府门户网站. 东营年鉴 2015 卷. <http://www.dongying.gov.cn>.
- 潍坊市地方史志办公室, 2015. 潍坊年鉴. 北京: 方志出版社.
- 日照市地方史志办公室, 2015. 日照年鉴. 北京: 中国文史出版社.
- 无棣县地方史志办公室, 2015. 无棣年鉴. 北京: 方志出版社.
- 焦文海, 魏子卿, 马欣, 等, 2002. 1985 国家高程基准相对于大地水准面的垂直偏差. 测绘学报, (3): 196-200.
- 国家海洋信息中心, 2008. 2009 潮汐表第一册鸭绿江口至长江口. 北京: 海洋出版社.
- 陈长胜, 葛建忠, 胡松, 等, 2012. 全球非结构网格有限体积法海洋模式东中国海潮汐计算初步分析. 上海海洋大学学报, 21(4): 621-629.
- 李莉, 王晓霞, 赵昕, 2011. 风暴潮灾害经济损失评估分析——以山东省为例. 中国渔业经济, 29(3): 91-97.
- 李莉, 沈琼, 2011. 风暴潮灾害防灾减灾能力评价——以山东省沿海城市为例. 中国渔业经济, 29(6): 98-106.

(本文编辑: 崔尚公)