

GEORISQUES AU CENTRE SEPTENTRIONAL DU VIETNAM

(Résumé)

Mai Thành Tân

INTRODUCTION

La région du Centre septentrional du Vietnam, malgré son potentiel économique, est encore une des régions pauvres du Vietnam. Grâce à sa position et sa topographie, la région peut se développer en divers types d'économie. Néanmoins, à cause de ses caractéristiques physiques, la région du centre septentrional du Vietnam est fréquemment touchée par des risques naturels. Ces risques peuvent empêcher le développement de la région donc qu'il importe de les étudier. Il y a plusieurs approches dans l'étude des risques naturels et au cours des dizaines dernières années, grâce aux progrès technologiques, la télédétection et le système d'information géographique sont de plus en plus largement utilisés en sciences de la terre en général et dans l'étude des géorisques en particulier.

La thèse intitulée « Géorisques au Centre septentrional du Vietnam » est développée autour d'une approche par télédétection. Dans le cadre de cette thèse, les géorisques y sont limités aux risques sismiques, à l'érosion et aux accumulations côtières et aux glissements de terrain.

Les objectifs de cette thèse sont :

- L'application des technologies spatiales (télédétection et SIG) pour étudier les géorisques
- La mise en évidence des géorisques dans la région : sismique, érosion côtière, glissement de terrain.
- Une proposition de gestion des géorisques

Les géorisques au Centre septentrional du Vietnam ne se répartissent pas régulièrement dans l'espace. Cela dépend de la région, un risque peut dominer les autres. L'étude de trois risques : sismique, érosion et glissement de terrain est réalisée dans trois régions où, respectivement, le risque est dominant.

Le risque sismique est étudié pour les barrages. Une série de barrages pour l'électricité et pour l'irrigation y sera construite, donc l'estimation du risque de tremblement de terre est une nécessité pour les rapports de sécurité préalables à la construction des barrages et aussi afin de les rendre opérationnels. Trois barrages hydroélectriques sont estimés en terme de risque sismique : Ban La (Nghe An), Huong Dien (Thua Thien – Hué) et Ban Uon (Thanh Hoa).

Les risques d'érosion et d'accumulation sont aussi analysés sur la côte de Thua Thien - Hué, une province dans le sud du Centre septentrional du Vietnam. Sa particularité est la présence de la lagune Tam Giang - Cau Hai, une des plus grandes lagunes en Asie du Sud-est, le long de la côte et dont elle est séparée par un système de dunes sableuses. L'étude du changement côtier a une signification importante pour une bonne stratégie de développement dans la région littorale.

Les glissements de terrain sont aussi étudiés dans la région de Thua Thien Hué. C'est une région où ce risque est élevé. Alors cette étude pourrait être utile pour la stratégie de développement de la montagne de Thua Thien Hué.

Dans toutes les trois études de cas sur géorisques: séisme, érosion - accumulation côtière, glissements de terrain, à côté des bases communes comme la technologie de télédétection et le Système d'Information Géographique, dépendant de la particularité de chaque risque, les autres techniques d'approche peuvent y être ajoutées.

CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITÉS SUR LE CENTRE SEPTENTRIONAL DU VIETNAM

Le Centre septentrional est un territoire limité dans une bande étroite de direction NO-SE au milieu du Vietnam. Son relief diminue fortement de l'ouest à l'est, de la montagne, vers les collines, à la plaine côtière où se trouvent des dunes sableuses, des lagunes dont la Tam Giang est une des grandes lagunes de l'Asie du Sud-est.

Le climat tropical humide de mousson et la condition topographique rendent des précipitations abondantes mais irrégulières spatialement et temporellement. La région est fréquemment touchée par des tempêtes. Le réseau hydrographique est assez dense mais toutes les rivières sont courtes et rapides avec de petits bassins dont la plupart changent brusquement de l'amont à l'aval. Les crues se

concentrent dans les mois de juillet et de décembre, avec 60 – 80% du total d'écoulement annuel. La côte subissent différents régimes de marée : régulier diurne, irrégulier diurne, régulier semidiurne et irrégulier semidiurne. Les vagues sont contrôlées par la mousson : les vents du NE en hiver et du SO en été. Les courants littoraux sont compliqués mais saisonniers. En général, ils proviennent du nord en hiver et le contraire en été.

13% de la population du Vietnam, soit environ 11 millions d'habitants, vivent au Centre septentrional et la plupart à la campagne à la plaine littorale. Généralement la région reste encore pauvre à cause du bas niveau et des impacts fréquents de catastrophes naturelles. L'agriculture est le secteur dominant dans l'économie de la région. Mais à présent, les autres secteurs, l'industrie, le commerce et le tourisme, sont en fort développement.

La géologie de la région est compliquée avec la présence des différentes roches qui appartiennent à 35 formations stratigraphiques et 11 complexes intrusifs, datées du Protérozoïque au Quaternaire. La région est aussi influencée par l'activité de failles.

Les caractéristiques locales rendent la région une des plus sensibles aux géorisques du Vietnam. Quelques géorisques importants peuvent être comptés comme suit : sismique, fissuration du sol, glissement de terrain, crue subite, érosion subaérienne, érosion - accumulation de rivière, érosion - accumulation de la côte. Les géorisques dans la région peuvent être distingués en trois niveaux : fort, moyen et faible. La région de géorisques forts se trouve principalement à haute montagne dans l'ouest du Centre septentrional. La région de géorisque moyen occupe sur les collines ou la plaine dans le sud. La région de géorisque faible est principalement limitée dans la plaine littorale du nord.

CHAPITRE 2 : RISQUE SISMIQUE

La région a connu une évolution tectonique depuis longtemps. Au Dévonien inférieur la première croûte continentale a été reformée. Dans la période néotectonique, elle a été influencée par l'interaction entre les plaques indienne, australienne, eurasiennne et pacifique. Il en résulte une formation de 3 unités néotectoniques avec 20 blocs-structres qui se séparent par des failles. Sept failles majeures sont marquées : Son La, Song Ma, Song Ca, Rao Nay, Khe Giua - Vinh Linh, Dak Rong – Hué, Huong Hoa - A Luoi. Ces failles peuvent engendrer des séismes de magnitude maximale de 7. Les tremblements de terre maximaux enregistrés sont de magnitude 6,75 sur la faille de Song Ma en 1935 et de 6,7 sur la faille de Son La en 1983.

Une analyse du risque sismique pour les barrages, réalisée pour 3 cas (Ban La dans l'ouest, Huong Dien dans le sud et Ban Uon dans le nord de la région) comprend les étapes suivantes

- Déterminer les failles actives et leurs paramètres : la longueur, la profondeur du foyer, le pendage, la déplacement, l'état de contrainte, la distance au barrage, etc.
- Estimer la magnitude maximale et l'accélération maximale du sol (PGA). Cette estimation est réalisée pour les différentes périodes de retour : maximal, de 950 ans, 475 ans et 145 ans.
- Modéliser la déformation et le changement de contrainte de Coulomb.

La détermination des failles actives et leurs paramètres est réalisée à partir des images, des cartes topo et des MNT avec plusieurs techniques de télédétection : le filtrage gradient, le filtrage d'orientation, l'éclairage, le profil, etc. Les données géologiques, géophysiques et le travail sur le terrain sont aussi nécessaires. La magnitude est estimée par des méthodes différentes : Kanamori (1977), Wyss (1979), Slemmons (1982), Woodward – Clyde (1983), Well – Coppersmith (1994). Le résultat final est basé sur la moyenne pondérée de ces méthodes. La PGA est calculé par les méthodes : Cornell (1968), Estena et Rosenblueth (1974), McGuire (1976), Campbell (1981, 1988 et 1997), Idriss (1982), Xiang et Gao (1994), Woodward et Clyde (1983) et Ambraseys (1995). La valeur finale est estimée en se basant sur la pondération et la moyenne de ces méthodes. La déformation et le changement de contrainte de Coulomb sont modélisés par le modèle de Okada (1992).

Les analyses sismiques montrent que :

- Les barrages pourraient être frappés par des tremblements de terre de magnitude maximale de 5,7 (Huong Dien), 6,3 (Ban Uon) et 6,9 (Ban La).
- Les PGA maximales aux barrages varient de 0,25 g (Ban Uon), 0,26 g (Huong Dien) à 0,34 g (Ban La).
- Les modèles de la déformation et du changement de contrainte montrent que les barrages se situent sur des positions qui ne sont pas très dangereuses.

En général, l'analyse du risque à partir des segments de failles actives est très efficace pour dimensionner les barrages ainsi que les autres grands travaux. L'apport de la télédétection peut faciliter cette analyse en déterminant les paramètres de faille. Les magnitudes estimées dans cette analyse concordent relativement avec les études publiées. On devrait tenir compte des accélérations maximales du sol calculées pour les cas particuliers dans les projets.

CHAPITRE 3 : EROSION CÔTIÈRE À THUA THIEN HUÉ

La majorité de la côte de Thua Thien - Hué est caractérisée par un cordon des dunes sableuse précédant une des lagunes les plus grandes en Asie du Sud-est, la lagune Tam Giang - Cau Hai. Les facteurs, les plus importants pour l'érosion dans la région sont : les pluies abondantes, les tempêtes fréquentes, les vagues hautes, la dérive littorale saisonnière avec une dominance vers SE, la côte sableuse.

L'analyse du risque d'érosion côtière est réalisée à partir des cartes topographiques (2000), photos aériennes (1952, 1999), images Corona (1969), Spot (2004) avec les techniques : correction géométrique, fusion, composition colorée et tracée de la côte. La fusion est une combinaison une image de haute résolution avec l'autre multispectrale qui nous permet d'améliorer l'interprétation. La composition colorée est une technique très efficace pour étudier l'érosion et l'accumulation. La côte est tracée en utilisant la limite de végétation comme la ligne de référence. La limite de terre/eau est aussi utilisée dans certains endroits nonvégétalisés et de pente raide parce que la marée de la région est faible avec une amplitude de 0,5 - 1m.

Les résultats montrent que le cordon devant la lagune de Tam Giang - Cau Hai présente des changements compliqués, spécialement aux passes avec les déplacements, ouvertures et fermetures de la passe.

La côte de Chan May est en progression car, vu son site, elle n'est pas soumise aux actions de la mer. La côte de Lang Co est érodée au NO et engraisée au SE à cause d'une dérive littorale de direction NO - SE.

Il apparaît une alternance de phases d'érosion et de phases d'accumulation sur le littoral donc l'évolution dépend essentiellement des conditions météo-marines d'une part et des crues fluviales d'autre part.

Globalement, la côte est relativement stable sauf dans le secteur de Chan May où l'engraissement se poursuit avec une vitesse actuelle (1952 - 2004), comparable à celle obtenue en analysant l'évolution du littoral pendant l'Holocène.

CHAPITRE 4 : RISQUES DE GLISSEMENTS DE TERRAIN

Thua Thien Hué est une province où le risque de glissement de terrain est élevé. Les glissements de terrain y ont causé, chaque année, beaucoup de dégâts de biens et de pertes humaines. À partir des données disponibles, 8 facteurs sont choisis pour analyser les glissements de terrain : Pente, Précipitation, Occupation du sol, Altération, Lithologie, Pendage, Faille et Proximité de la route. Chaque facteur est divisé en classes.

Une région au milieu de la province couvre presque toutes les classes de tous les facteurs est choisie pour l'échantillonnage. Les classes dans chaque facteur sont pondérées sur une échelle de 1 à 9 en fonction de leur densité de glissements dans l'échantillonnage. L'influence de chaque facteur dans l'ensemble est basée sur le rapport entre le nombre de glissements qui pourrait être engendré dans tout territoire entier et le total engendré par tous les facteurs, en supposant que la densité de glissement de chaque classe dans chaque facteur soit la même que celle calculée dans l'échantillonnage.

La carte de susceptibilité de glissements de terrain est créée par l'intégration des cartes de facteur pondérées.

Les analyses montrent que le pendage des roches joue un rôle insignifiant pour les glissements à cause de la forte altération du pays tropical humide. Les influences de 7 autres facteurs sont rangées en ordre croissant comme suit : Proximité de route, Occupation du sol, Couche d'altération, Influence de faille, Lithologie, Précipitation, Pente.

La zone de faible susceptibilité occupe la plaine littorale et la dépression des grandes vallées. C'est une accumulation des poids bas dans presque tous les facteurs. La zone de susceptibilité moyenne couvre environ deux tiers du territoire. C'est la région de montagnes et de collines. La zone de haute susceptibilité a une distribution limitée mais en ligne reflétant la forte influence de failles.

Le risque de glissement au niveau moyen et haut est un des inconvénients pour le développement économique de la montagne à l'ouest et au sud de la province qui reste encore la région la plus pauvre non seulement au niveau provincial mais aussi national.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Le Centre septentrional du Vietnam est une région de géorisques élevés, notamment les risques sismiques, de glissements de terrain et d'érosion côtière.

La télédétection et le SIG sont des outils efficaces pour étudier les géorisques. Ils permettent d'intégrer des images satellitaires, photos aériennes avec des données géologiques, géomorphologiques, géophysiques pour mieux interpréter les multigéorisques. La modélisation géodynamique et le SIG sont des outils efficaces pour prévoir les géorisques dans la région.

Généralement la gestion des géorisques pourrait être réalisée, en principe, si on gère bien les facteurs qui les contrôlent et si on limite les activités humaines qui les provoquent. Les mesures dans cette gestion peuvent être réparties en trois domaines : Prévoir, surveiller et prédire les géorisques ; Aménager le territoire en tenant compte des géorisques ; et Gérer les activités humaines (l'exploitation des forêts, des minerais, la construction des travaux civils, etc). Pour chaque type de géorisque, il y a des mesures concrètes.

La magnitude de tremblement de terre et l'accélération maximale du sol devraient être prises en compte dans les projets de grande structure. L'érosion côtière peut être résolue localement par la construction de digues, d'épis ou, par l'aménagement du territoire, par une stratégie de repli calculée en fonction de la vitesse d'érosion littorale. Les glissements de terrain peuvent être limités par un aménagement du territoire se basant sur la carte de susceptibilité. Les géotechniques peuvent aussi être appliquées si nécessaire.

Pour une bonne gestion des géorisques, il est important de sensibiliser les autorités, les décideurs à ces mesures et d'introduire dans les administrations, la télédétection et les SIG.

MOTS-CLEFS

géorisque, télédétection, Système d'Information Géographique, risque sismique, tremblement de terre, magnitude, accélération maximale du sol, érosion côtière, accumulation côtière, glissements de terrain, susceptibilité de glissements de terrain, Vietnam, Centre septentrional du Vietnam.

GEORISKS IN NORTHERN CENTRE OF VIETNAM

(Abstract)

Mai Thành Tân

INTRODUCTION

The Northern Centre, despite its great potential, is still one of the poorest regions in Vietnam. Thanks to the position and natural conditions, the region can diversify its economic types. However, these conditions also make the region frequently affected by natural hazards. These risks may prevent the development of the region therefore it need to study. There are several approaches to the study of natural hazards and during the last dozen years, thanks to the technological advances, remote sensing and GIS are becoming more widely used in earth sciences in general and in the study of georisk in particular.

Thesis titled "georisks in the Northern Centre of Vietnam" is developed by remote sensing approach. In this thesis, the risks are limited to seismic risk, coastal erosion and accumulations and landslides.

The objectives of this thesis are:

- Apply the spatial technologies (remote sensing and GIS) to study georisks
- Identify the georisks in the region: seismic, coastal erosion and flooding, landslide.
- Propose some georisk managements.

The georisks in Vietnam northern Centre is irregularly distributed in space. Depending on the area, a risk may dominate the others. The study of three risks: seismic, erosion and landslides is conducted in three areas, where respectively, the risk is dominant.

The seismic risk is studied for the dams. A series of dams for electricity and irrigation will be built, so the earthquake analyse is a necessary. Three hydroelectric dams are estimated in terms of seismic risk: Ban La (Nghe An), Huong Dien (Thua Thien - Hue) and Ban Uon (Thanh Hoa).

Erosion is analyzed in the Thua Thien - Hue, south of the region, where the coast characterized by the sandy dunes preceding one of the largest lagoons in South-east Asia, the Tam Giang - Cau Hai lagoon. The study of coastal change has a great significance for a durable development strategy in the coastal area.

Landslides are also studied in Thua Thien Hue where the risk of landslide is high. This study may be useful for a strategy to development the mountainous area.

In all three case studies: earthquake, coastal erosion and landslide, beside the common bases such as remote sensing and Geographic Information System, depending on the particularity of each risk, other approach techniques are added.

CHAPTER 1: OUTLINE OF THE NORTHEN CENTRE OF VIETNAM

The Northern Centre is a limited area in a NW-SE narrow strip in the middle of Vietnam. The relief diminishes sharply from west to east, from the mountains, via the hills to the coastal plain where there are sand dunes, lagoons are present. The humid tropical monsoon climate and topographic conditions favour the abundant but spatio-temporally irregular precipitation. The region is frequently hit by typhoons. The region is characterized by a dense network of short rivers, most of which change abruptly from upstream to downstream. Floods are concentrated in the months form July to December, with 60 - 80% of total annual runoff. The coast suffers different tidal regimes (diurnal or semidiurnal, regular or irregular). The waves are controlled by the monsoon winds with NE direction in winter and SW in summer. Coastal drifts are complicated but seasonal. They generally come from the north in winter and in summer the opposite.

13% of the Vietnamese population, about 11 million people, lives in Northern Centre and most in the country of coastal plain. Generally the region remains poor because of low level development and of impacts of natural disasters. Agriculture is the dominant sector in the regional economy. However, other sectors such as industry, commerce and tourism, are in strong development. The geology of the region is complicated with the presence of different rocks belonging to 35 stratigraphical formations and 11 intrusive complex dated from Proterozoic to Quaternary. The region is also influenced by the fault activities.

The local characteristics make the Northern Centre one of the most sensible region in Vietnam, in term of georisks. The important georisks may be counted as follows: seismic, ground fissuration, landslides, flash floods, inundation, subaerial erosion, river erosion, coastal erosion. Generally, the georisks in the region can be distinguished into three levels: high, medium and low. The high level is mainly distributed in the mountains in the west of the region; the medium level occupies thee hills or the plains in the south; and the low one dominates the northern coastal plain.

CHAPTER 2: SEISMIC RISK

The region has experienced a long tectonic evolution. In Lower Devonian, the continental crust was reformed. In neotectonic period, it was influenced by the interaction between the Indian, Australian, Eurasian and Pacific plates. As a result, 3 neotectonic units were formed with 20 structure blocks, separated by faults. Seven major faults are marked: Son La, Song Ma, Song Ca, Rao Nay, Khe Giua - Vinh Linh, Dak Rong - Hue, Huong Hoa - A Luoi. These faults can cause earthquakes with magnitude of 7. The largest earthquakes are recorded at magnitude of 6.75 on the Song Ma fault in 1935 and of 6.7 on the Son La fault in 1983.

An analysis of seismic risk, carried out for 3 hydroelectric dams (Ban La in the west, Huong Dien in the south and Ban Uon in the north of the region, includes the following steps:

- Identify active faults and their parameters: length, focus depth, dip, displacement, stress state, distance from the dam, etc.
- Estimate maximum magnitude and the Peak Ground Acceleration (PGA). This estimation is conducted for different return periods: maximum, 950 years, 475 years and 145 years.
- Model deformation and the change of Coulomb stress.

The determination of active faults and their parameters is based on images, topographical maps and DEM with several remote sensing techniques: the gradient filter, the filter orientation, lighting, profile, etc. The geological, geophysical data and field works are also needed. The magnitude is estimated by different methods: Kanamori (1977), Wyss (1979), Slemmons (1982), Woodward - Clyde (1983), Well - Coppersmith (1994). The final result is based on the weighted average of these methods. The PGA is calculated by the methods: Cornell (1968), Estena and Rosenblueth (1974), McGuire (1976), Campbell (1981, 1988 and 1997), Idriss (1982), and Xiang Gao (1994), Woodward and Clyde (1983) and Ambraseys (1995). The final value is estimated based on the weighting and the averaging of these methods. The deformation and the change of Coulomb stress are modelled as proposed by Okada (1992).

The seismic analysis shows that:

- The dams could be hit by earthquakes with maximum magnitude of 5.7 (Huong Dien), 6.3 (Ban Uon) and 6.9 (Ban La).
- The PGAs at the dams range from 0.25 g (Ban Uon), 0.26 g (Huong Dien) to 0.34 g (Ban La).
- The modelling of deformation and change of Coulomb stress show that the dams are located on the positions that are not very dangerous.

In general, risk analysis based on segments of active faults is very effective to scale dams and other major works. Remote sensing can facilitate this analysis by determining the fault parameters. The magnitudes estimated in this analysis relatively consistent with published studies. It should take into account the calculated PGA for the concrete cases in the projects.

CHAPTER 3: COASTAL EROSION IN THUA THIEN HUE

The coast of Thua Thien - Hue, in majority, is characterized by a barrier of sand dunes preceding one of the largest lagoons in South-east Asia, the Tam Giang - Cau Hai lagoon. The most important factors for the erosion in this area are: abundant precipitation, frequent typhoon, high waves, the seasonal drift with SE dominance towards SE, sandy coastline.

Coastal erosion is analysed on the base of topographic maps (2000), aerial photographs (1952, 1999), images Corona (1969), Spot (2004) with techniques: geometric correction, fusion, coloured composition and coast trace. The fusion is a combination of a high resolution image with multispectral one to improve the interpretation. The coloured composition is a very effective technique to study the erosion and accumulation. The coast is traced by using vegetation limit as the reference line. The

land/water limit is also used in some steep bare lands as the tide of the area is low with 0.5 - 1m amplitude.

The results show that the coastline in front of the Tam Giang - Cau Hai lagoon presents complicated changes, especially at the lagoon inlets with the displacement, opening and closing of the inlets.

The coast of Chan May is in accumulation because it is not subject to the actions of the sea. The coast of Lang Co is eroded in the NW and accumulated in the SE due to a NW-SE longshore drift.

It appears an alternation between erosion and accumulation phases, so the coastal evolution depends mainly meteo-marine conditions one hand and a river floods on the other hand. Overall, the coast is relatively stable except in the Chan May where the accumulation is continuing with current rate (1952 - 2004), comparable to that obtained by analyzing the Holocene coastal evolution.

CHAPTER 4: LANDSLIDES

Thua Thien Hue is a province where the landslides risk is high. Landslides caused every year many property and human damages. Based on the available data, 8 factors were selected to analyze the landslide: slope, precipitation, landuse, weathering, lithology, strike and dip of rock, fault and road proximity. Each factor is divided into classes.

A region in the middle of the province covers almost all classes of all factors are chosen for sampling. Classes in each factor are weighted on a scale of 1 to 9 depending on the landslides density in the sample. The influence of each factor is based on the ratio between its landslide number that could be generated in whole territory and the total generated by all factors, with an assumption that the landslide density of each class in each factor is the same as that calculated in the sample.

Map susceptibility to landslides is created by integrating the weighted factor maps.

Analysis shows that the strike and dip of rocks plays an insignificant role for landslides because of the strong weathering in humid tropical country. The influences of 7 rest factors are ranged in augmenting order as follows: Road proximity, Landuse, Weathering crust, Fault influence, Lithology, Precipitation, and Slope.

The zone of low susceptibility occupies the coastal plain and major valleys. It is an accumulation of low weight in most all factors. The average susceptibility zone covers about two thirds of the territory. This is the mountainous and hilly areas. The distribution of high susceptible zone is limited but in linear form, reflecting the strong influence of faults.

The landslides of average to high level are one of the most disadvantages for the economic development in the mountain of the west and south of the province which is still one of the poorest regions not only at the provincial level but also national one.

CONCLUSION

The Northern Centre of Vietnam is a region of high georisks, especially seism, landslides and coastal erosion.

Remote sensing and GIS are powerful tools to study georisks. They can integrate satellite images, aerial photographs with geological, geomorphological, geophysical data to better interpret the multigeorisks. Geodynamic modelling and GIS are effective tools to predict georisks in the region.

Generally georisk management could be implemented, in principle, if we manage well the factors that control the risks and if we limit human activities that provoke the risk. The management measures can be divided into three groups: monitoring and forecasting the georisks; territorial planning with georisk consideration; and management of human activities (forest and mineral exploitation, civil constructions, etc). For each georisk type, there are the concrete measures.

The earthquake magnitude PGA should be taken into account in projects of great structure. Coastal erosion can be resolved locally by the protection constructions or landuse planning with a retreat strategy which is based on the erosion rate. Landslides may be restricted by a territorial planning which is based on susceptibility map. The geotechnical measures could be used if necessary.

For sound management of georisk, it is important to communicate these measures to the authorities, decision makers and introduce the remote sensing and GIS to the administrations.

KEYWORDS

georisk, remote sensing, geographical information system, seismic risk, earthquake, magnitude, peak ground acceleration, coastal erosion, coastal accumulation, landslide, landslide susceptibility, Vietnam, Northern Centre of Vietnam.