

京都大学	博士（工 学）	氏名	Gopakumar Raghavan PILLAI
論文題目	DECISION SUPPORT FOR WATER MANAGEMNET IN THE VEMB ANAD WETLAND SYSTEM （ヴェンバナド湿地系の水管理のための意志決定支援手法に関する研究）		
（論文内容の要旨） 本論文は、インド南西部の重要な水資源を供給するとともに洪水調節機能も併せ持つヴェンバナド湖及びその周辺の湿地帯について、その管理のための予測手法、意志決定支援手法を検討したものであって、7章からなっている。各章の概要は以下のとおりである。 第1章は本論文の導入部であり、ヴェンバナド湿地系における水管理問題の概要、研究の背景や意義、本論文で用いる方法論について概説するとともに、水系の人工知能ベースのモデリングと水資源管理における意志決定支援の概念についても紹介している。 第2章では、文献調査、受益者からの意見収集、現地踏査に基づいて、ヴェンバナド湿地系の水循環系とその管理問題を調査し、同湿地系内の人為的な影響、非科学的な水管理、水理構造物の操作などによる湿地系の環境劣化の現状を明らかにした。水田耕作のために百年以上にわたって行われてきた干拓、海水の遡上浸入と塩水化を防ぐためにヴェンバナド湖を横断する形で建設されたThanneermukkom 堰、湿地系内の植物や動物の分布、生息、成長などとの関係を精査し、堰の科学的な操作を確実なものにすることがおそらく経済的であり、持続可能な解であることを示している。流域内の農地や工場からの汚染、湿地における観光活動の成長が、湖に対する主要な汚染源となっており、汚染の減少のためには、汚染負荷を最小化し固形・液状廃棄物を取り扱う段階的な管理計画、湿地系と環境費用の相互作用的な本質を考え、湿地と流域の両方を統合的に取り扱う管理計画が必要であることを示した。 第3章では、まず湿地系の管理のための行動計画について論じ、湿地系の中の各所で起こる開発行為による変化と、それらが洪水氾濫や生態系の状態といった特定の問題とどのような関係にあるのかについて、その時間変化過程をとらえておくことの重要性を指摘している。利用可能なデータと地図情報を地理情報システム（GIS）の中で統合的に処理して、ヴェンバナド湿地系の物理的な特徴に関する地理情報データセットを作成した。さらに、これを用いて、ヴェンバナド湖の拡がり、湖の水深測量、湿地の物理的な特性の空間的・時間的変化を解析した。 第4章では、ヴェンバナド湿地の水文学的特性を明らかにするとともに、この湿地系での洪水リスク管理の戦略を検討している。ヴェンバナド湿地への水文学的入力とその変動ド湖における水の平均滞留時間が計算された。洪水事象の特徴については、選ばれた極端事象に基づいて発生頻度の観点から検討を加え、地理情報システムを用いた解析により、湿地帯内			

の洪水氾濫の典型的なパターンが明らかにされている。この湿地系における洪水リスクマネジメントの制約条件と洪水防御のために可能な戦略が、水文学的特徴と土地利用変化の解析に基づいて議論されている。

第 5 章では、多層パーセプトロンネットワークを用いて、日単位の河川流量の非線形モデリングを実施し、観測データと比較しモデルの評価を行った。自己組織化地図 (SOM) という新しい手法を、水文データの探索のために、また、空間的・時間的に相互に依存する流域の水文システムを特徴付ける特性を同定するために用いている。SOM 分析から得られる知識を用いて開発されるモデルの性能改善を検証し、インドの湿潤熱帯地域にあるヴェンバナド湿地の河川流域における水文システムの同定と河川流量モデリングにアーティフィシャル・ニューラル・ネットワーク (ANN) が重要な役割を果たしうることを明らかにしている。ANN によってヴェンバナド湿地への河川からの日流量予測モデルを開発し、流入河川の一つである Achencoil 川に対してモンスーン期の日流量予測精度を向上させた。SOM を用いた水文データ探索手法により、湿潤熱帯河川流域における流出発生過程において系の非線形性が重要な役割を果たすこと、こうした SOM 解析の情報に基づくニューラルネットワークのアプローチがモンスーン期の河川流量モデルの性能を改善することを明らかにしている。

第 6 章では、水位変動をとらえるのに最適なデータをモデルの入力として用い、高度に複雑な湿地の水システムにおいて限られた利用可能なデータで水位を予測する ANN モデルの性能を評価し明らかにしている。ヴェンバナド湿地系の水循環に関する知識に基づいて、二つの ANN モデルを開発し、湿地内の 3 カ所での相互に関連し合う水位の 1 日先の予測を行えるようにした。ANN モデルは、誤差を多く含んだデータから湿地系の入出力関係を把握することが可能であり、1 日先の水位予測という観点から満足すべき予測値を与えることが分かった。データの不十分さは重要な制約ではあるが、利用可能なデータから 1 日先の水位を予測するのに、ANN モデルは有用・有望であることを示している。

第 7 章は結論であり、本論文で得られた成果、限界、今後の方向性について要約している。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、インド南西部の重要な水資源を供給するとともに洪水調節機能も併せ持つヴェンバナド湖と周辺の湿地帯について、その問題点を詳細に調査し、適切な水管理のための予測手法、意志決定支援手法を検討したものであって、以下のような知見を得ている。

1. ヴェンバナド湿地系について詳細な文献調査、現地住民からの聞き取り調査を含む現地踏査によって、当該地域における水管理の問題を明らかにし、将来の水管理のためのいくつかの可能な戦略を提言した。
2. 地理情報システムを援用して、ヴェンバナド湿地帯及び流入河川流域の情報をデジタルデータ化して、その湖底水深などの測量データを解析するとともに、これらの情報を用いたこの湿地系の自然科学的特性を明らかにした。
3. 湿地帯の水文学的特性を解析し、大雨時の洪水のいくつかの事例から、洪水によってどのような氾濫がこの湿地帯に起こりうるかシナリオ分析を行い、湿地系における洪水災害に対するリスクマネジメントの制約と可能な対処戦略を明らかにした。
4. Achencoil 川からの流入量を日単位で予測するために、アーティフィシャル・ニューラル・ネットワーク (ANN) モデルを開発するとともに、自己組織化地図 (SOM) 組み合わせることにより、ANNモデルの予測性能を向上させた。
5. さらに、二つのANN モデルを開発し、湿地内の3カ所での相互に関連し合う水位の1日先の予測を行えるようにした。誤差を多く含んだデータから湿地系の入出力関係を把握することが可能であり、1日先の水位予測という観点から満足すべき予測値を与えることを明らかにした。

以上の内容により、本論文は、湿地系の水資源管理における意志決定支援のための方法論を取り扱ったもので、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成22年1月26日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。