

정수최적계획법을 이용한 마리나 건설 대상지 분석에 관한 연구

박성현* · 주기세†

*, † 목포해양대학교

The Study On A Marina's Construction Location Analysis Using Integer Optimization Programming

SeongHyeon Pak* · Kisee-Joo†

*, † Division of Maritime Transportation System, Mokpo Maritime University, Mokpo 530-729, Korea

요약 : 본 연구는 마리나 건설 최적의 대상지를 결정하기 위하여 여러 가능해역 중에서 최적의 장소를 결정하는 것이다. 마리나 건설 후보지 선정 문제를 다루기 위해서 여수시 인근의 10개의 후보지를 대상으로 10개의 결정 요인들을 분석하여 최적의 장소를 선정한다. 본 논문에서는 가장 합리적인 장소를 결정하기 위하여 새로운 모델인 0-1정수 최적계획모형이 제안된다. 제안된 모형은 지금까지 최적 마리나 시설 분석 문제에 적용된 사례가 없다. 본 논문은 가장 합리적인 장소를 결정하는데 기여할 뿐만 아니라 제안된 모형은 타 지역의 마리나 시설 건설 후보지 선정 문제에도 적용할 수 있다.

핵심용어 : 최적 마리나 입지 선정, 정수계획법, 최적해

Abstract : This study is to determine an optimal marina's construction location candidate among many alternative candidates in order to obtain the maximized efficiency under the natural conditions. To deal with marina's construction location, the optimal construction location is selected using 10 important factor analysis for 10 candidates in Yeosu city. In this paper, the new model to assign the most reasonable alternative is introduced using 0-1 integer programming. This proposed model has not been applied in the optimal marina's facility candidate selection problem yet. This paper will contribute to determine the most reasonable alternative. Also, this proposal model can be applied to other marina's facility candidate selection problem in other regions.

Key words : Optimal marina construction location selection, Integer programming, Optimal solution

1. 서 론

오늘날 세계 각국은 관광과 문화산업을 21세기 국가 전략 산업으로 육성하고 국제 관광객 유치에 위하여 다양한 관광 상품 개발, 관광 인프라 구축 및 관광 진흥정책을 추진하는 등 국제 환경이 관광과 문화 개발 형태로 변하고 있다.

국내 환경의 변화로는 주 5일 근무제 시행으로 예전의 당일 관광(66.8%)에서 1박 2일(55.0%)관광 형태로 변화하고 있으며 특히 2박 3일 관광도 4.1%에서 31%로 급증한 것으로 나타났다. 관광패턴의 변화를 분석해 볼 때 주말을 적극적으로 활용하는 숙박 여행의 증가가 예상되며 여행 목적지에서도 비교적 시간이 소요되는 체험관광, 스포츠 등과 같이 관광객들의 욕구를 충족시킬 수 있는 체험 프로그램 및 자기 개발형의 관광 프로그램 개발이 필요한 시점이다.

특히 스포츠 영역에서도 90년대 후반부터 유행하고 있는 래프팅, 행글라이딩, 해양 레저 스포츠 등의 관광과 스포츠가 연계된 레저 스포츠 관광의 여행 수요가 지속적으로 증대할 것으로 전망된다. 특히 주 5일 근무제 시행에 따라 레저 스포츠 관

광은 10.8%에서 21.6%로 급격히 증가할 것으로 예상되기 때문에 레저 스포츠 수요도 급증할 것으로 예상된다.

해양 관광과 레저 환경의 변화로는 사회 간접자본 시설의 확충으로 해양 관광과 레저에 관한 관심이 커지고 그에 대한 수요가 증가 추세에 있다. 그러나 생활수준의 향상으로 해양 레저를 즐기거나 하는 수요자는 증가 추세에 있으나 수요자를 유치할 수 있는 기반 시설의 부족으로 해양 레저 산업의 활성화가 이루어 지지 않아 국가 차원의 개발 계획들이 다양하게 진행되고 있다. 특히 국토해양부에서는 해양 레저 스포츠 산업과 요트 산업의 대중화 계획을 수립하여 추진하고 있다.

본 연구에서는 전 세계적으로 고부가가치 산업으로 판단되는 요트산업의 최적 지리적·자연적 조건을 갖추고 있는 여수시 권역에 국내 요트 애호가와 관광객을 선점하기 위한 마리나 시설의 최적지를 선정하기 위한 방안을 수립하고자 한다.

또한 여수시는 2012년 세계해양박람회 개최하게 되므로 마리나 시설 구축이 시급한 실정이기 때문에 본 연구를 통하여 최적의 입지를 선정하고자 한다.

0-1 정수 최적계획법을 이용한 기존 연구들을 고찰해 보면

*정회원, shpark@mmu.ac.kr 010)2610-7127

†교신저자 : 주기세(정회원), jksjoo@mmu.ac.kr 010)3162-5034

공개키 암호 알고리즘 설계분야 [1], 일정 계획에 관련된 응용 분야 [2,3,4,6,7,8], 군사 분야 [5]에 주로 응용되었다. 또한 공공 시설 배치 문제, 물류창고 배치 문제, 시설 및 종업원 할당 문제 뿐만 아니라 사회 여러 분야에서 적용되고 있다. 하지만 주어진 문제 및 상황에 따라 목적 변수 및 제약식 추출 방법이 판이하게 다르기 때문에 본 연구에서는 최적의 마리나 입지 선정 분야에 이를 적용하고자 한다.

본 연구의 목적은 다음 그림 1과 같이 전남 여수시 인근에 마리나 시설 입지 가능 해역인 디 오션 리조트, 소호 요트경기장, 소호 선착장, 웅천 택지개발 지구, 하수종말처리장(1), 하수종말처리장(2), 국동항, 대경도 내동항, 신항 엑스포 지구, 돌산도 굴전 지구 등 총 10개 후보지 중에서 가장 합리적인 최적 후보지를 도출하는 데 있다.

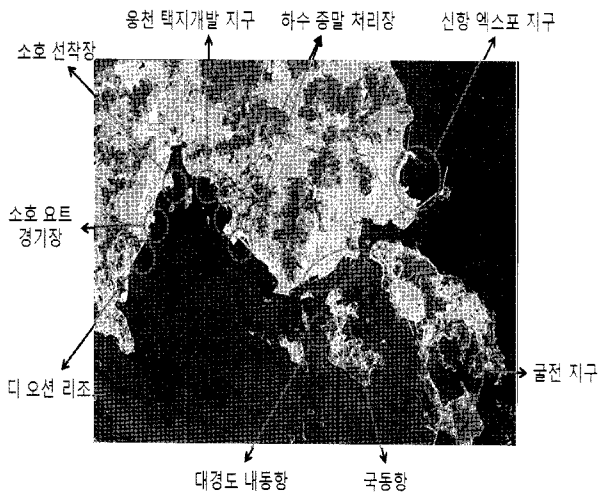


Fig. 1 The marina's construction location candidates

먼저 최적의 마리나 시설지 선정을 위한 본 연구 모형의 제약식과 목적 함수를 도출한다. 목적 함수는 기상조건, 해상조건, 해역 수심, 암초 존재 여부, 어망 존재 여부, 배후지의 환경 조건, 배후 시설, 개발 공간, 수역 이용 및 어업 현황, 초기 개발 비용 및 민간 투자 여부를 고려한 경제적 측면 등 10개의 요소들에 대한 가중치를 이용하였다. 제약식은 해역의 수심, 배후 부지를 확보하기 위한 매립 여부, 마리나 시설내의 어망 존재 여부, 마리나 시설 내의 암초 여부를 나타내는 식으로 구성되어 있다. 그리고 마지막으로 선형계획법에서의 기본 가정인 변수의 비음수성, 여러 가지 대안들 중 한 가지 안의 선택 또는 비선택에 따른 1 혹은 0으로 제약된다.

또한 목적함수를 제약식과 결합함으로써 최적의 마리나 시설 후보지 선정을 위한 정수계획모형 중 0-1모형을 설정하였다.

2. 마리나 시설 영향 요인 분석 및 선정절차

2.1 마리나 시설 인근 자연환경 현황

여수시의 마리나 시설 개발 여건을 고찰하기 위하여 자연환

경 및 사회 환경으로 나누어 살펴보았다. 자연 환경은 2가지 측면인 기상 조건과 해상 조건으로 나누어 분석하였다. 먼저 기상 조건으로는 수상 레저 활동에 미치는 바람, 강수, 기온, 상대 습도, 안개 및 강수 일수, 태풍 등의 30년간(1975년 - 2005) 데이터를 분석하였다. 다음 표 1은 월별 풍속 및 풍향을 나타낸 것으로서 여수지역의 연평균 풍속은 4.1m/s 정도로 수상 레저 활동에 적합한 조건을 갖추고 있다.

Table 1 The wind velocity and direction monthly

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
최대 풍속 및 풍향	20.0 NE	20.0 WN	24.3 N	22.3 S	20.0 SW	26.2 S	33.2 N	30.7 S	35.9 NE	23.5 NE	20.2 NE	19.5 NW
평균 풍속	4.9	4.8	4.6	4.0	3.4	3.1	3.3	3.7	4.2	4.0	4.2	4.4
순간 최대 풍속 및 풍향	31.5 N	30.3 NW	32.6 N	35.5 NW	29.0 ES	35.7 S	40.3 SS	42.4 NE	49.2 E	30.6 NE	30.9 NE	30.3 WS

강수량이 과다하거나, 여름철의 집중호우는 마리나의 유지·관리에 불리할 뿐만 아니라 레저 선박의 운항 시 시계를 제한하는 등 부정적인 영향을 미친다. 여수시 인근의 연평균 강수량은 전국 평균 강수량보다 높은 다우지역에 속하며 특히 여름철에 집중되는 것으로 분석되었다.

세일링 요트의 활동에는 10℃ 이상이 적합하나 크루저 요트 등 대형 레저 선박들은 기온에 큰 영향을 받지 않는다. 여수시 인근은 쾨펜의 기후구분에 의하면 지중해 기후대에 속하는 해안으로 해양성 기후로 인해 다른 지방에 비하여 온화하여 레저 선박의 활동에 적합한 지역으로 분석되었다.

안개, 강수 등은 시계 제한 요인으로 항해물표, 타 선박의 동정 감시 등에 곤란을 겪을 수 있어 레저 선박의 운항에 지장을 초래하며, 해난사고의 주요원인이 되고 있다. 여수시 인근의 연평균 안개 일수는 다음 표 2와 같이 22.8일 정도로 남해안 지방의 일반적인 수준이다.

마리나를 비롯한 항만시설의 파손 및 유실을 유발할 수 있는 태풍을 기상조건 중의 마지막 요인으로 분석하였다. 태풍경로는 남해안을 거쳐 동해로 빠지는 태풍이 가장 위력적으로 남해안과 동해안에 큰 파랑을 유발한다. 다음 표 3은 여수시 인근에 영향을 미친 주요 태풍들의 중심 최저기압 및 중심 최대 풍속을 나타내고 있다.

자연환경의 두 번째 측면인 해상조건을 조위, 조류, 파랑, 해양오염 등 4가지 측면에서 분석해 보면 먼저 조위는大潮차는 297.2cm, 평균해면 180.8cm, 소조차 107.6cm를 나타내고 있다.

여수항 인근 해역은 다도해로서 여러 갈래의 수로를 이루어 분류되었다가 다시 합류하는 등 유황이 매우 복잡하며 협수로를 이루어 유속이 강하게 흐르고 있다. 조류개항은 반일주조류가 우세하며 북부 해역은 대체로 일조부등이 작아서 규칙적인 1일 2회의 창·낙조류가 일어나고 중앙부 해역은 혼합조류 형태로서 일조부등이 크게 나타나고 있다.

Table 2, 3, 4의 자료들은 기상청의 기상통계자료들을 조사 분석한 결과이다.

Table 2 The atmospheric phenomena days

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
맑음	147	118	103	95	91	49	42	65	76	130	141	154
흐림	46	49	77	80	97	137	155	107	92	51	44	27
안개	0.5	0.5	1.1	2.5	3.3	5.3	7.0	0.8	0.4	0.2	0.5	0.6
강수	0.9	1.4	2.9	3.7	3.7	5.1	6.3	5.8	3.6	1.4	1.4	0.7
강설	3.8	2.9	0.7	-	-	-	-	-	-	-	0.4	2.5
결빙	25.1	19.4	7.2	0.6	-	-	-	-	-	-	3.5	17.5
폭풍	2.0	1.9	2.2	1.6	0.5	0.9	1.1	1.2	1.7	0.9	1.0	1.3
뇌전	0.1	0.1	0.4	0.8	0.8	1.2	2.7	2.7	1.1	0.4	0.3	-
기온	0.3	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

주: 폭풍:13.9m/s이상, 기온:-10°C이하, 강수일수:10mm이상 (단위: 일)

Table 3 The major typhoons

태풍 번호	태풍 이름	발생일	중심최저기압 (hPs)	중심최대풍속 (m/s)
5914	SARAH	59.09.11	905	87
6304	SHIRLEY	63.06.12	935	72
6615	WINNIE	66.08.21	971	31
6617	BETTY	66.08.21	986	31
7303	BILLIE	70.08.21	916	67
8508	KIT	85.07.31	960	36
8705	THELMA	87.07.07	915	50
8911	JUDY	89.07.21	940	50
9112	GLADYS	91.08.15	965	30
9429	SETH	94.10.02	910	55
9711	TINA	97.07.31	950	40
9809	YANNI	98.09.28	965	33
9905	NEIL	99.07.25	980	25
0012	PRIPIROON	00.08.27	965	36
0014	SAOMAI	00.09.03	925	49
0215	RUSA	02.08.23	950	41
0314	메미	03.09.09	950	40

일반적으로 마리나의 이용한계 파고는 0.3m 이하가 적절하고 이상 기상 시에도 0.5m를 넘지 않아야 한다. 여수 해역은 남쪽으로 개방되어 있어 주요 태풍에 의한 심해 파랑의 영향을 받고 있으며 S와 SSE방향의 심해파가 여수항 입구에 진입하고 있다. 다음 표 4는 풍향 별, 재현 빈도별 파고 및 주기를 나타내고 있다.

두 번째로 여수시 인근의 사회생활 여건을 살펴보면 여수시는 남해안 중앙의 여수반도에 위치하고 있으며, 동쪽은 경상남도 남해군과 바다로 경계하고, 서쪽은 순천만을 끼고 고흥반도의 동남쪽과 바다로 경계하며 남쪽으로는 남쪽바다와 접하고 북쪽은 순천시와 육지로 경계하고 있다. 남해군은 여수시의 직접 세력권 내로 분류 가능하고 순천시와 광양시는 간접 세력권으로 분류할 수 있다.

여수시의 인구는 약 30만명에 약간 못 미친다. 여수시는 1읍, 6면, 20개 동으로 구성되어 있으며 도시는 총 317곳이고 이중 유인도는 46곳이다. 해안선은 총 905.8km로서 천혜의 해양 관광자원을 보유하고 있다.

또한 여수시의 대표적인 관광자원은 다도해 해상국립공원, 해수욕장, 공원 등의 자연자원과 사찰 등의 역사자원이 다수 분포되어 있다.

여수시 인근의 광양만은 광양항 등으로 입·출항하는 대형 선박의 교통량이 집중되는 곳이다. 여수해협 및 가막만 동부 해역은 어선, 연안 카페리, 예부선 등 잠종선의 교통량이 집중되는 해역이기도 하다.

Table 4 The wave height and cycle according to wind direction and reappearance frequency

재현빈도	방향	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW
		파고(m)	0.57	0.67	0.56	0.44	0.39	0.47	0.57
5	주기(s)	2.72	3.06	2.90	2.44	2.35	2.60	2.88	2.52
	파고(m)	0.63	0.75	0.62	0.51	0.45	0.54	0.63	0.50
10	주기(s)	2.82	3.20	3.02	2.56	2.49	2.73	3.00	2.63
	파고(m)	0.68	0.86	0.69	0.58	0.52	0.60	0.72	0.55
20	주기(s)	2.90	3.35	3.14	2.70	2.63	2.84	3.15	2.71
	파고(m)	0.73	0.96	0.73	0.63	0.60	0.65	0.77	0.58
30	주기(s)	2.99	3.49	3.21	2.78	2.76	2.93	3.25	2.77
	파고(m)	0.77	1.07	0.79	0.69	0.69	0.71	0.86	0.63
50	주기(s)	3.05	3.64	3.31	2.86	2.90	3.02	3.38	2.85
	파고(m)	0.56	1.22	0.88	0.77	0.83	0.76	0.97	0.68
100	주기(s)	3.17	3.82	3.44	2.98	3.11	3.11	3.56	2.94

2.2 마리나 건설 대상지 선정 영향 요인분석

10곳의 후보지중 최적의 마리나 시설 후보지를 선정하기 위하여 기상조건, 해상조건, 해역 수심, 암초 존재 여부, 어망 존재 여부, 배후지의 환경 조건, 배후 시설, 개발 공간, 수역 이용 및 어업 현황 등 9개의 요소들에 대해 5단계 등급으로 분류하였다. 그리고 재정이 열악한 지자체의 입장을 반영하기 위하여 초기 개발 비용(10단계) 및 민간 투자 여부(15단계)를 고려한 경제적 측면은 12.5 단계로 분류하였다.

먼저 기상조건으로 기온, 강수, 시계, 바람 등이 최적의 마리나 시설에 지대한 영향을 미치지 때문에 이 요인들을 고려하였다. 그리고 해상 조건으로는 마리나 시설에 영향을 미치는 해류 및 조류, 조위, 파랑, 해상 교통량을 고려하였다.

환경 조건으로는 앞으로 확장 및 주변 경관들의 요인을 반영하기 위하여 배후지 경관을 고려하였으며 또한 소음, 수질, 오염도 등의 요소를 반영하였다. 또한 마리나 시설 이용객들의 편의성을 반영하기 위하여 토지 이용 및 개발 가능 공간, 현재 숙박시설, 현재의 식당시설, 교통체계 등을 배후시설이란 요소로 반영하였다.

그리고 해역 내의 암초 및 어망 존재 여부를 반영하였으며 일정 이상의 수심이 확보 되어야 하기 때문에 해역 내 수심을 반영하였다. 마리나 시설은 지원 시설이 필요하기 때문에 배후의 개발 가능 공간을 반영하였다. 또한 마리나 주변 시설의 수역 이용율을 반영하기 위하여 수역이용 가능성 및 현재 어업 현황을 마리나 시설 선정 요소로 반영하였다.

마지막으로 경제적인 측면을 반영하였는데 대상해역에 충분한 수심 및 배후 부지를 확보하려면 준설 및 매립 등의 방법을

이용하거나 수심이 충분한 해역까지 잔교나 부유체를 배치하여야 하고, 정온수역 확보를 위하여 방파제 건설도 불가피하기 때문에 초기 건설비용을 반영하였다. 그리고 재정이 열악한 여수시의 입장을 고려하여 민간 기업이나 단체 투자 시 가중치를 높게 반영하였다.

2.3 마리나 건설 대상지 선정절차

마리나 시설의 최적지 선정의 목적은 주어진 제약식 내에서 최적의 대안을 선정하고 비용 및 효율을 최소화 하는 것이다. 본 연구에서 고려한 마리나 시설의 입지 후보지로는 여수시 인근의 디오션 리조트, 소호 요트경기장, 소호 선착장, 웅천 택지개발 지구, 하수종말처리장(1), 하수종말처리장(2), 국동항, 대경도 내동항, 신항 엑스포 지구, 돌산도 굴전 지구 등 총 10곳 후보지이고, 이곳 중에서 가장 합리적이며 효율적인 곳을 선정하는 것이다.

마리나 시설 최적지 선정 절차는 다음 그림 2와 같다. 그림 2에서 마리나 시설 영향 요인 추출은 마리나 시설을 건설하기 위한 입지에 영향을 미치는 요인들을 추출하는 단계이다. 그리고 다음 단계인 영향 요인들 장·단점 분석 단계는 앞 단계에서 추출된 요인들에 대하여 각각의 장점 및 단점을 분석하는 단계이다.

마리나 시설 후보지 종합 분석 단계란 자연환경, 입지적 장·단점을 계량화하여 가중치를 부여하는 단계이다. 마지막으로 마리나 시설 입지에 영향을 미치는 요인들의 가중치 및 제약식을 토대로 10개의 후보지 중에서 최적의 마리나 시설 후보지를 선정하게 된다.

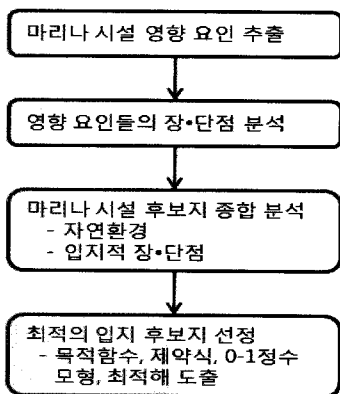


Fig. 2 The system flowchart to determine the optimal marina construction location

3. 0-1 정수 모형 구축

3.1 가중치 분석

마리나 시설 건설 대상지 대안 중 최적안 선정 목적은 가장 효율적인 대안을 선정함으로써 예산 낭비를 줄이고 마리나 시설 입지에 따른 시너지 효과 및 주변 관광 산업의 활성화 뿐만

아니라 해양 레저 산업에 소요되는 연관 산업들을 활성화하여 지역 경제에 공헌하는데 있다. 이번 장에서는 최적 마리나 시설 건설지 선정에 관한 본 연구 모형의 제약식과 목적 함수를 도출한다.

목적함수는 후보지들에 대한 기상조건, 해상조건, 해역수심, 암초 존재 여부, 어망 존재 여부, 환경 조건, 배후 시설, 개발 가능성, 배후 수역 이용정도, 경제적인 측면 등 총 10가지 요소들로 이루어진다. 제약식은 일정한 수심, 배후 시설 부지, 어망 존재 여부, 암초 존재 여부 등을 나타내는 식으로 구성되어 있다. 또한 목적함수를 제약식과 결합함으로써 최적의 대안선정을 위한 정수계획모형 중 0-1모형을 도입하였다.

목적식 중 재정여건이 열악한 지자체 입장을 반영하기 위하여 민간 단체나 기업이 투자하는 경제적인 측면 요소에 가중치를 높게 반영하여 모델링 하였다. 다음 표 5는 마리나 시설에 영향을 미치는 요소들에 대한 가중치를 나타내고 있다.

본 논문에서 사용한 가중치는 전문가들의 의견 수렴 분석, 전국 지자체와 국토해양부 마리나 입지선정 경험치, 외국의 사례분석, 지자체의 개발 계획, 해역조건 등을 통하여 도출하였다.[9,10] 현재 국내에서는 마리나 입지 선정에 필요한 요소 기준과 평가규정이 없기 때문에 이러한 연구를 통하여 규정화할 필요가 있다고 사료된다.

3.2 모델링

마리나 시설 최적 후보지 선정 모델링을 위한 변수의 정의는 아래와 같다.

$$X_i(\text{후보지}) : \begin{cases} 1 & \text{만약 후보지 } i \text{가 선정된 경우} \\ 0 & \text{만약 후보지 } i \text{가 선정되지 않은 경우} \end{cases}$$

$$B_k : \text{후보지 선정 요소들의 제약 값}$$

$$W_{ij} : \text{후보지 } i \text{에 대한 후보지 선정 요소 } j \text{의 가중치}$$

목적함수

$$\text{Max} \quad \sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^{10} X_i W_{ij} \quad (1)$$

제약조건

$$\sum_{i=1}^{10} X_i W_{ik} \geq B_k, \quad k=1, \dots, 4 \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{10} X_i = 2 \quad (3)$$

$$\text{all } X_i = 0 \text{ or } 1 \quad (4)$$

0-1 정수 계획 모형에서 식 (1)은 목적함수로서 마리나 시설의 입지 후보지인 여수시 인근의 디오션 리조트, 소호 요트경기장, 소호 선착장, 웅천 택지개발 지구, 하수종말처리장(1), 하수종말처리장(2), 국동항, 대경도 내동항, 신항 엑스포 지구, 돌산도 굴전 지구 등 총 10곳의 후보지들에 대한 선정 요소들 각각

의 합으로 이루어진 식이다.

식 (1)에서 각 후보지들(X_i)의 목적식 계수는 테이블 5에 나타난 각각의 고려 요소들에 대해 최적인 경우 최대 가중치, 최악인 경우 최소 가중치 0을 적용하여 10개의 선정 요소들에 대해 각각의 세분된 요소들까지의 합을 나타낸다.

식 (2)는 제약식을 나타내는데 첫 번째의 수심 제한 조건은 마리나 시설이 들어설 곳은 수심이 최소 3m이상은 되어야 하며, 두 번째로 해역 내 변두리 일부 공간을 제외하고는 암초가 존재하지 않아야 하며, 세 번째로 해역 내에 어망이 전혀 존재하지 않아야 한다. 그리고 마지막으로 마리나 시설의 지원 시설을 위하여 일정크기 이상의 배후 개발 가능공간이 확보 되어야 하기 때문에 총 4개의 제약식으로 이루어져 있다. 식 (3)은 마리나 시설 10개의 후보지중 2곳을 선정하겠다는 의미이며, 마지막으로 식 (4)는 각 마리나 후보지를 나타내는 모든 변수가 0-1 변수임을 나타낸다.

Table 5 The consideration factors in marina's construction candidate selection

선정사 고려요소		가중치	평균
기상조건	기온, 강수, 시계, 바람	5	5.0
해상조건	해류, 조류	5	5.0
	조위, 파랑, 파랑	5	
	해상교통량	5	
해역수심	수심	5	5.0
암초	암초존재 여부	5	5.0
어망	어망존재여부	5	5.0
환경조건	지형 및 배후지 경관	5	5.0
	해상 생태계	5	
	수질, 소음, 오염	5	
배후시설	토지이용	5	5.0
	현재 숙박 및 식당시설	5	
	교통체계 및 주차공간	5	
개발 공간	개발 가능 공간 크기	5	5.0
수역이용	수역이용 가능성	5	5.0
	현재 어업현황	5	
경제측면	민간투자여부	15	12.5
	초기 투자비용	10	

4. 모형의 적용 및 분석

모형을 작성하는 목적은 제약식을 만족하면서 마리나 입지에 영향을 미치는 요소들의 가중치의 합을 최대화 할 수 있는 여수시 인근의 디 오션 리조트, 소호 요트경기장, 소호 선착장, 웅천 택지개발 지구, 하수종말처리장(1), 하수종말처리장(2), 국동항, 대경도 내동항, 신항 엑스포 지구, 돌산도 굴전 지구중에서 최적의 후보지 2곳을 결정하기 위한 것이다.

3장에서 구축한 모델링 식을 바탕으로 마리나 시설 최적 후보지 2곳 결정을 위한 구체적인 적용은 다음과 같다.

목적함수

$$\text{Max } 58.7X_1 + 44.7X_2 + 45.7X_3 + 50.8X_4 + 50.5X_5 + 49.0X_6 + 50.5X_7 + 43.2X_8 + 53.5X_9 + 50.4X_{10}$$

제약식

$$3.0X_1 + 3.0X_2 + 4.0X_3 + 4.0X_4 + 2.0X_5 + 5.0X_6 + 5.0X_7 + 5.0X_8 + 1.0X_9 + 2.0X_{10} \geq 6.0 \text{ (해역내 수심 제한조건)}$$

$$5.0X_1 + 4.0X_2 + 4.0X_3 + 5.0X_4 + 4.0X_5 + 3.0X_6 + 4.5X_7 + 4.5X_8 + 4.0X_9 + 4.0X_{10} \geq 8.0 \text{ (해역내 암초 제한조건)}$$

$$5.0X_1 + 2.0X_2 + 5.0X_3 + 5.0X_4 + 2.0X_5 + 5.0X_6 + 5.0X_7 + 5.0X_8 + 5.0X_9 + 5.0X_{10} \geq 10.0 \text{ (해역내 어망 존재여부 조건)}$$

$$3.5X_1 + 3.5X_2 + 5.0X_3 + 5.0X_4 + 3.5X_5 + 3.5X_6 + 5.0X_7 + 5.0X_8 + 5.0X_9 + 2.0X_{10} \geq 8.0 \text{ (배후 개발가능 공간면적 조건)}$$

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} = 2$$

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10} = 0 \text{ or } 1$$

위의 0-1정수 모형을 선형계획법 패키지인 Lingo 프로그램에 적용한 결과 그림 3에서와 같이 여수시 인근의 10개의 후보지 가운데 수심, 암초 존재 여부, 어망 존재 여부, 일정 크기 이상의 배후 개발 가능 면적 등 4개의 제약식을 만족시키면서 최대의 목적식 값을 갖는 디 오션 리조트 지역과 웅천 택지 개발지구가 최적 후보지임을 나타내고 있으며 목적식 값은 109.5이다.

또한 주어진 4개의 제약식과 목적식 계수에 대한 민감도 분석은 다음 그림 4와 같다. 그림 4에서 목적함수의 계수 범위는 현재의 기저 변수가 변하지 않는다는 조건하에서의 각 변수들에 대한 목적 계수의 최대 및 최소 허용치를 나타내며 우변 상수의 변화 범위는 기저 변수 불변 조건하에서의 우변 상수의 최대 및 최소 허용치를 나타낸다.

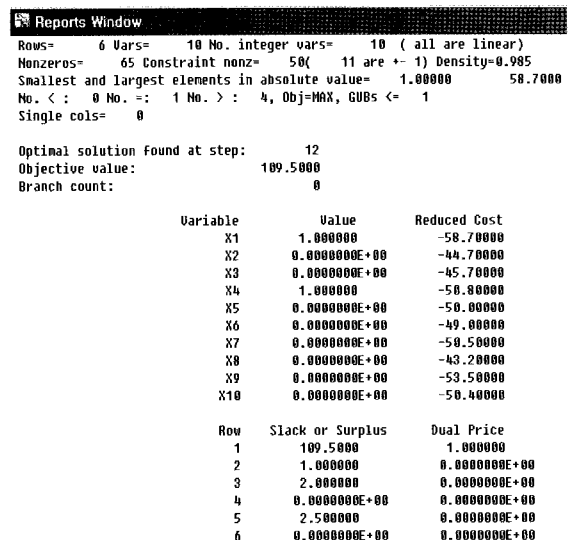


Fig. 3 Lingo package application results

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED:			
VARIABLE	CURRENT COEF	OBJ COEFFICIENT RANGES	
		ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
X1	58.700001	INFINITY	58.700001
X2	44.700001	0.000000	INFINITY
X3	45.700001	0.000000	INFINITY
X4	50.799999	INFINITY	50.799999
X5	50.000000	0.000000	INFINITY
X6	49.000000	0.000000	INFINITY
X7	50.500000	0.000000	INFINITY
X8	43.200001	0.000000	INFINITY
X9	53.500000	0.000000	INFINITY
X10	50.400002	0.000000	INFINITY

RIGHTHAND SIDE RANGES			
ROW	CURRENT RHS	ALLOWABLE	
		INCREASE	DECREASE
2	6.000000	1.000000	INFINITY
3	8.000000	2.000000	INFINITY
4	10.000000	0.000000	INFINITY
5	8.000000	0.500000	INFINITY
6	2.000000	0.000000	0.000000

Fig. 4 Sensitivity analysis results

5. 결 론

본 연구에서는 전남 여수시 인근에 마리나 시설 입지 가능 해역인 디 오션 리조트, 소호 요트경기장, 소호 선착장, 웅천 택지개발 지구, 하수 종말처리장(1), 하수종말처리장(2), 국동항, 대경도 내동항, 신항 엑스포 지구, 둘산도 굴전 지구 등 총 10개 후보지 중에서 가장 합리적인 최적 후보지를 도출하기 위하여 선형 계획법 중 0-1 정수최적계획법을 이용한 수리적 모형을 제시하였다.

본 논문에서 제시된 모형의 목적식은 기상 조건, 해상 조건, 해역 수심, 암초 존재 여부, 어망 존재 여부, 환경 조건, 배후 시설, 개발 가능성, 배후 수역 이용 정도, 경제적인 측면 등 총 10가지 요소들로 이루어진다. 그리고 제약식은 일정이상의 수심, 배후시설 부지, 어망 존재 여부, 암초 존재 여부 등을 나타내는 식으로 구성되어 있다.

본 모형을 여수시 인근의 최적 마리나 입지 선정 방안에 적용한 결과 제한된 제약식을 만족하면서 최대의 효과를 발휘할 수 있는 마리나 시설 후보지를 결정할 수 있었다.

추후 연구과제로는 목적식 및 제약식을 비용함수로 전환하여 할당 문제로 변환시켜 해를 구하는 연구를 진행할 예정이며 아울러 본 연구에서 제안된 수리적 모델을 타 지역의 마리나 입지 후보지 선정에도 적용시킬 계획이다.

현재 국내 많은 지자체들이 마리나 구축계획을 가지고 있으나 마리나 입지선정에 필요한 규정이나 요소 기준, 평가방법 등이 없으므로 이러한 연구를 통하여 마리나 입지 선정 시스템을 규정화 할 필요가 있다.

참 고 문 헌

[1] 박성현(2009), "여수해양 엑스포 마리나 시설 종합계획 수

립 용역", 여수시, pp. 163~260.
 [2] 박성현 (2004), "요트산업 입지선정 및 타당성 조사 용역", 목포시, pp. 210~300.
 [3] 용승림, 조태남, 이상호(2000), "정수계획법에 기반한 공개 키 암호 알고리즘의 설계", 한국정보과학회 논문지 A - 시스템 및 이론, vol. 27, no. 9, pp. 785~792.
 [4] 황준하, 류광렬(2004), "승무일정계획의 최적화를 위한 이웃해 탐색 기법과 정수계획법의 결합", 한국정보과학회 논문지 B - 소프트웨어 및 응용, vol. 31, no. 6, pp. 829~839.
 [5] 황준하, 박춘희, 이용환, 류광렬(2002), "정수계획법과 휴리스틱 탐색기법의 결합에 의한 승무일정계획의 최적화", 한국정보과학회 논문지 C - 컴퓨팅의 실제, vol. 8, no. 2, pp. 195~205.
 [6] Byun, S. J(1992), "Knowledge based Integration of Process Planning and Scheduling", KAIST.
 [7] Soland. R. M.(1987),"Minimum -cost Mixtures of Area and Point Defense Assuming Simultaneous Attack ", Naval Research Logistics, vol. 34, pp. 337~363.
 [8] Yoo, B. C. and Yi, M. W.(1996), " 0-1 정수계획법을 이용한 일정계획시스템 개발", 한국공업경영학회지 제 19권 제38호.
 [9] Zhao, F., Hong, Y., Yu, D. and Yang, Y.(2004), "A genetic algorithm based approach for integration of process planning and production scheduling", Proc. of International Conference on Intelligent Mechatronics and Automation, pp. 484~488.
 [10] Zhang, Y.F., Saravanan, N., and Fuh, J.Y.H.(2002), "A back-propagation approach to the integration of process planning and scheduling for batch manufacturing", International Conference on Control and Automation (ICCA), pp. 164~165.

원고접수일 : 2009년 8월 17일

심사완료일 : 2010년 2월 3일

원고채택일 : 2010년 2월 22일