

## 수의 컴퓨터 지원진단(下)

### 손 우 찬\*

#### 3. 통계형식의 추론

각 소견은 비중의 차이가 있다는 것을 고려하려는 노력이 있었다. 상호 독립적인 두질병이 있을 때 어떤 한가지 증상만으로 진단을 한다고 하자. 이때 두 질병이 모두 똑같은 증상을 나타낸다. 그런데 진단은 같은 증상에 더 빈번히 증상을 나타내는 것이라면 빈번히 일어날 확률이 있는 증상을 근거로 진단할 것이다. 이런 논리에 의해서 확률개념을 도입하게 되었다.

1960년 Bayes는 의사가 새로운 정보에 의해서 어떻게 수정되어야 하는지에 대한 일정형식을 제안하였다.<sup>6)</sup>

Bayes의 이론을 진단에 응용하여 각 진단에 대해서 증상 및 징후의 조건부 확률과 진단의 사전 확률을 구할 수 있다. 즉, Bayes의 이론에 의한 추론방법을 특정한 예에서 주어진 소견으로 각 가능한 질병의 확률을 계산하는데 이용한 것이다.<sup>23, 27)</sup>

만일 n개의 질병중의 j번째 질병이 발생할 사전확률이(P<sub>j</sub>)라고 하고, 질병 D<sub>j</sub>를 가지고 있는 환자의 증상들 중에서 일련의 특정증상 S의 조건부 확률을 P(S/D<sub>j</sub>)라고 할때 특정 환측에 대한 i번째 질병의 사후확률 P(D<sub>i</sub>/S)라고 하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$P(D_i/S) = \frac{P(D_i) \cdot P(S/D_i)}{\sum_{j=1}^n P(D_j) \cdot P(S/D_j)}$$

여기에서 P(S/D<sub>j</sub>)를 추정하려는 문제는 다음과 같은 가정에 의해 쉽게 해결될 수 있다. 증상 S를 구성하는 m개의 개별적인 소견들이 있

고 증상 S<sub>k</sub>가 서로 독립적이라면 즉, 이미 알려진 임의의 증상이나 소견의 발생은 어떤 다른 증상이나 소견이 존재한다는 것을 발견하게 될 때 그 확률에 영향을 미치지 않는다는 가정이다. 이러한 가정을 이용하면 질병 D<sub>j</sub>가 m개의 소견을 갖는 증상이 발생할 확률은

$$P(S/D_j) = \prod_{k=1}^m P(S_k/D_j)$$

와 같으며 특정 환측에 대해 각각 P(D<sub>j</sub>/S)를 계산할 수 있게 된다.

예를 들어 D<sub>1</sub>을 질병 1, D<sub>2</sub>를 질병 2라고 하고 S를 임상증상이라고 할때 증상 S에 대해 질병 1일 확률 P(D<sub>1</sub>/S)는

$$P(D_1/S) = \frac{P(D_1) \cdot P(S/D_1)}{P(D_1) + P(D_2) \cdot P(S/D_2)}$$

이다. 이때 P(D<sub>1</sub>)은 질병 1을 가지고 있을 확률, P(D<sub>2</sub>)는 질병 2을 가지고 있을 확률, P(S/D<sub>1</sub>)은 질병 1에서 증상이 일어날 확률, P(S/D<sub>2</sub>)는 질병 2에서 증상이 일어날 확률이다.

그러나 Bayes 논리를 진단에 응용하는 데에는 몇가지 문제점이 있다.

첫번째 가능한 질병과 소견이 많을 경우 계산이 매우 복잡해진다. 물론 복잡한 계산은 컴퓨터가 해결할 수 있지만 각개의 확률을 구한 자료축적이 문제이다. 100가지의 임상증상으로 250개의 질병을 구분하는데 250,250개의 확률의 계산이 필요하다.<sup>34)</sup>

두번째 문제는 Bayes의 분류는 상호 독립적인 진단이 필요하다는 점이다.<sup>36, 37)</sup>

질병은 복합적으로 오는 경우가 많아서 한가지 질병에 발병되는 다른 질병이 나타나기도 하

\* (주)력키연구소 안전성센터

표 2 퍼지집합론의 기호와 의사(physician)의 서술과의 관계

| i  | Presence, or Conclusiveness, |
|----|------------------------------|
| 1  | never                        |
| 2  | almost never                 |
| 3  | very very seldom             |
| 4  | very seldom                  |
| 5  | seldom                       |
| 6  | more or less seldom          |
| 7  | not known                    |
| 8  | more or less often           |
| 9  | often                        |
| 10 | very often                   |
| 11 | very very often              |
| 12 | almost always                |
| 13 | always                       |

Adlasing, K.P. : A puzzy logical model of computer-assisted medical diagnosis, Methods Inf. Med. 19(3) : 141~148, 1980.

고 또 부작용이 생기기도 한다. 이런 복잡한 경우엔 적용하기가 어렵다. 그러므로 Bayes의 시스템은 기초자료가 충분하며 잘 알려져 있거나 잘 정의된 질병의 진단에만 유용하게 사용될 수 있을 것이다.<sup>37)</sup> Bayes의 조건확률 모델이 thyrometabolic status의 분류에 이용되어 500 환자중 97.2%의 정확도를 나타내었으며,<sup>38)</sup> 순환기질병의 분류에도 이용된 바 있다.<sup>39)</sup>

#### 4. 인공지능(Artificial Intelligence)

지금까지 살펴본 알고리즘에는 여러가지 한계가 있었으므로 인공지능의 기법을 컴퓨터 지원 진단에 이용하려는 노력이 있었다. 인공지능은 기초정보의 가공에 중점을 두는 전산학의 한 분야이다. 숫자보다는 기호(symbol)와 아이디어에 기초한 사람의 사고를 모방하려는 프로그램이다. 인공지능 연구자들의 주요한 관심사는 자연언어의 처리(Natural Language Processing; NLP), 기계학습(Machine Learning), 컴퓨터 비전(Computer Vision), 로보틱스(Robotics) 등에 있다.

##### 1) 생성규칙 시스템

인공지능중 많이 알려지고 인정된 것은 생성규칙 시스템(production rule system)이다.

생성시스템은 정보자료, 생성규칙의 집합, 제

어시스템으로 구성된다. 여기서 정보자료는 시간의 변화에 따라 변화하는 자료의 집합이고, 생성규칙은 하나의 조건과 그 조건이 만족되었을 때 수행되는 행동의 쌍이다.

즉, antecedents  $\xrightarrow{x}$  consequents의

형태를 이루는데 만약 antecedents가 참이라면 어떤 확률에 의해 consequents도 참이 된다.

생성규칙은 조건부(IF)와 수행부(THEN)의 형식으로 생성규칙의 조건이 만족되었을 때 제어시스템은 수행부를 수행하게 한다. 자료는 일정한 상태를 지니고 이 상태가 조건에 만족될 때 생성규칙의 수행부가 수행되게 된다. 이러면서 제어시스템은 자료를 수정하게 되어 자료는 또다른 상태로 된다. 이런 형식은 자료가 어떤 목표가 될때까지 계속되게 된다. 예를 들면 “만약(IF) conjuntival discharge가 있고 schirmer tear test가 억제되어 나타났다면(THEN), procorneal tear film의 결핍이 있다”의 형식이 되게 된다.<sup>9, 40)</sup>

Bayes 모듈과 마찬가지로 생성규칙 시스템도 특정분야에서만 좋은 결과를 얻었다. 사람의 폐암 진행정도와 예후판정 시스템은 생성시스템을 이용한 것이며 PUFF라고 불리는 시스템은 폐기능시험 결과를 해석하는데 250개 이상의 규칙을 이용하고 있다.<sup>41)</sup>

그러나 생성시스템도 몇가지 한계가 지적되고 있다. 그 한가지는 사람의 문제해결 지식을 표현하는 규칙의 집합을 생성하는 것이 어려운 일이라는 것이다. 대부분의 의학지식은 서술적으로 형성되는데 수치적인 양이나 불연속적인 양으로 변환시키는 것은 어려운 일이다. 두번째는 antecedents는 모든 관련된 지식정보나 결론의 오류를 포함하여 규칙을 생성하여야 한다. 이때 적용되는 모든 관련조건이 항상 확실하지 않다는 점이다. 또한 임상증상과 징후의 해석이 개념에 의존해 있다. 예를 들면 기침의 의미는 환자의 나이, 흡연경력, 기침의 지속기간, 호흡의 상태 등에 연관되어 있다. 만약 이런 모든 관련개념들을 규칙의 antecedents에 포함시키려 한다면 규칙의 수가 엄청나게 증가할 것이다.

결론적으로 생성규칙 시스템은 몇가지 특정분야에서 좋은 결과를 얻었지만 일반적으로 응용

표 3. 미국내의 컴퓨터 지원진단 연구개발 현황.  
대부분 PKC 알고리즘을 이용하고 있다.

| 주소  | 프로그램       | 주제           |
|---|------------|--------------|
| Dr Phil Bushby<br>College of Veterinary<br>Medicine<br>Mississippi State<br>University<br>(601)325-3432 | PKC        | General      |
| Dr Henry Baker<br>Dept of Computer<br>Medicine<br>University of Alabama<br>(205)934-2117                | PKC        | Lab Animal   |
| Dr Gordon Coppoc<br>College of Veterinary<br>Medicine<br>Purdue University<br>(317)494-8632             | PKC        | Pharmacology |
| Dr Allen Hahn<br>College of Veterinary<br>Medicine<br>University of Missouri<br>(314)882-1655           | PKC        | Immunology   |
| Dr Dan Johnson<br>Dept of Laboratory<br>Animal Medicine<br>University of Washington<br>(206)543-8047    | PKC        | Lab Animal   |
| Dr Roy Pollock<br>College of Veterinary<br>Medicine<br>Cornell University<br>(607)256-5454              | PROVIDES   | General      |
| Dr Maurice White<br>College of Veterinary<br>Medicine<br>Cornell University (607)<br>256-5454           | CONSULTANT | General      |
| Dr T. Habtemariam<br>School of Veterinary<br>Medicine<br>Tuskegee Institute<br>(205)727-8464            | PKC        | General      |
| Dr Ken Knauer<br>College of Veterinary<br>Medicine<br>Texas A & M University<br>(409)845-2351           | PKC        | Cardiology   |
| Dr Craig Carter<br>College of Veterinary<br>Medicine<br>Diagnostic Lab                                  | DDX,PKC,AI | General      |

| 주소  | 프로그램 | 주제                           |
|---|------|------------------------------|
| Texas A & M University<br>(409)845-3414   |      |                              |
| Dr Ed Schroeder<br>College of Veterinary<br>Medicine<br>University of Tennessee<br>(615)546-6092  | PKC  | Lab Animal<br>Post-surgical  |
| Dr John Switzer<br>College of Veterinary<br>Medicine<br>University of California<br>(707)996-5084                                       | PKC  | Clin. Path.                  |
| Dr Oscar Fletcher<br>Dept of Avian Medicine<br>University of Georgia<br>(404)542-1902   | PKC  | Avian                        |
| Dr Roy Kelly<br>College of Veterinary<br>Medicine<br>University of Saskatchewan<br>(306)343-3417  | PKC  | Herd Health                  |
| Dr Phil Murdick<br>College of Veterinary<br>Medicine<br>Ohio State University<br>(614)422-1171  | PKC  | Therio                       |
| Dr Bill Fortney<br>College of Veterinary<br>Medicine<br>(913)532-5690   | PKC  | Clin. Path.                  |
| Dr Leroy Coggins<br>College of Veterinary<br>Medicine<br>North Carolina State<br>(919)829-4200  | PKC  | Microbiology<br>Parasitology |
| Dr Frank Buckingham<br>College of Veterinary<br>Medicine<br>University of Minnesota<br>(612)373-1823                                    | PKC  | Eq. Lameness                 |
| Dr Thomas Stein<br>College of Veterinary<br>Medicine<br>University of Illinois<br>(217)333-3290   | PKC  | Unknown                      |
| Dr R.B. Talbot<br>School of Veterinary<br>Medicine<br>VA-MD Regional College<br>VA Tech Campus<br>Blacksburg, VA 24061<br>(703)961-7666 | PKC  | Toxicology<br>Drug Rx        |

|              | 법례   |
|--------------|--|
| PKC PROVIDES | Problem Knowledge Coupler, PKC, Inc. Problem-Oriented Veterinary Information and Decision Support System. Cornell University |
| DDX          | Diagnostic, Management and Treatment Assistance System, Texas Veterinary Medical Diagnostic Laboratory                       |
| CONSULTANT   | Computer-Assisted Differential Diagnosis System Cornell University   |
| AI           | Artificial Intelligence  |

하기엔 여러가지 문제점이 노출되고 있다고 할 수 있다.

### 2) 인지 모델(cognitive model)

인공지능의 한 분야로서 인지모델(cognitive model)이 많이 연구되고 있다. 이 시스템은 가정의 집합(a set of hypotheses)을 생성하고 가정과 사실(known facts)이 어떤 상호관계를 가지는지를 결정하기 위해 배점수준을 사용한다. 인지모델의 추론 생성은 가설의 검정에 의해 유도된다. 환자의 한가지 또는 그 이상의 초기증상이나 징후를 가지고 시스템은 환자의 증상 및 징후를 설명할 수 있는 가설(질병) 집합을 생성하고 이어 여러가지 배점수준을 적용하여 환자의 사실을 설명하는 경쟁가설의 능력을 측정한다. 그런 다음 시스템은 가장 진단에 근접된 질병을 분별하는 의문을 생성한다. 일단 이 의문에 대한 답이 나오면 가설검정 순환은 어떤 결과에 이를 때까지 계속된다. 인의용으로 만들어진 CENTAUR, INTERNIST, CADEUCE-US-1 등은 인지모델과 기타 다른 알고리즘을 함께 사용하여 만든 대표적인 소프트웨어들이다.<sup>42)</sup>

인지모델은 통계학적 또는 생성 시스템들과 비교하였을 때 임상의학에게 익숙한 서술적 진단용어를 표현하였다는 의미에서 현저한 기여를 한 것으로 평가되고 있다. 그러나 동시에 여러가지 질병이 함께 나타날 경우에서의 진단문제를 다룰 때에는 매우 어려운 것으로 알려져 있다. 결론적으로 인지모델이 상당히 우수한 것으로 평가는 되고 있으나 실제 적용하기에는 해결해야할 기본적인 문제가 있다고 할 수 있다.

### 3) 퍼지 논리 모델(fuzzy logical model)

퍼지 이론의 연구는 1965년 제다(Lofti A. Zadeh)에 의해 제안된 퍼지집합론(fuzzy set theory)과 퍼지 추론이 그 시초이다. 모호한 정보를 퍼지집합으로 기술하고 퍼지추론을 이용하여 인간의 사고와 비슷하게 실행하도록 하는 것이다. 정확한 수치만이 아닌 막연한 지식이나 감각을 수식화하여 입력시켜 판단하는 것으로 의학상의 문제를 기술할 때 그 표현이 매우 모호한데 이것을 퍼지이론에 적용시킨 것이다<sup>5)</sup>(표 2).

쉬운 예로서 질병을 기술할 때 자주, 빈번히, 때때로, 거의 모든면에서, 예외없이 등의 표현을 쓰는데 퍼지 이론에서도 이런식의 표현을 수식화시켜 입력하여 좀더 실제에 가까운 의사결정을 유도하도록 한 것이다.

## IV. 컴퓨터 지원진단 시스템 발달의 제문제점

컴퓨터 지원진단 시스템의 연구가 시작된지 약 20~30년이 지났는데도 불구하고 현재까지 완벽한 시스템이 개발되어 활발히 이용되지 못하고 있는 몇가지 문제점을 들 수가 있다. 첫째, 지금까지의 설명과 마찬가지로 컴퓨터가 의학지식을 저장하고 가공하는데 필요한 여러가지 방법이 제시되고 사용되었지만 각 방법에는 단점들이 제기되고 있어서 일반적으로 적용시키기 어려운 점이 있다. 즉, 방법상의 문제가 완전히 해결되지 않았다. 둘째, 진단시스템을 완성하는데에는 많은 비용과 장기간의 투자 그리고 전산 전문가와 수의학의 전문학자가 같이 일을 하여야 한다는 문제 때문에 추진이 쉽지 않았다. 셋째, 실제 사용자인 수의사가 컴퓨터에 대한 지식이 없어서 컴퓨터에 적용하기가 쉽지 않다는 점과 컴퓨터가 진단을 한다는데 대한 배타적 편견을 가지고 있다. 넷째, 방대한 양의 의학지식을 효율적으로 처리하여 구축하기가 쉽지 않다는 점을 들 수 있다.

## V. 수의 컴퓨터 지원진단 연구의 현황

의학분야에서 진단에 컴퓨터를 도입하려는 시도는 60년대 초반부터 있었다. 컴퓨터 기술이 발전하고 컴퓨터의 가격이 내려서 다른 분야에

이용이 많이 되면서 수의학 분야에서도 많은 관심을 가지게 되었다. 이미 1971년 미국에서 열린 '수의학 연구와 교육에 관한 심포지움'에서 실험설계, 자료의 수집 및 분석, 컴퓨터를 이용한 교육, 생리적 체계의 모니터링, 의무기록의 관리 등에서 컴퓨터 이용을 제시한 바 있다.<sup>43)</sup>

또 1970년대 중반부터 일리노이즈대학과 캘리포니아 데이비스대학의 수의과 학생들은 컴퓨터를 이용한 교육을 받을 수 있었다.<sup>44,45)</sup>

동물병원에서의 컴퓨터 이용은 주로 의료기록, 회계관리, 백신관리 등 마케팅 도구로 사용되는데 그 유용성은 매우 커서 전체 병원 수입의 15~30%를 증가시킬 수 있었다고 한다.<sup>46)</sup>

선진국에서는 80년대 초반부터 많은 수의 동물병원에서 이용하고 있는 실정이며 우리나라에서도 소프트웨어가 상품화 도기도 하였다.

수의 컴퓨터 지원진단 분야의 선구는 코넬대학의 수의사들이다. 코넬대학의 White 등은 "CONSULTANT"라고 패키지를 개발하였는데 임상증상을 입력하여 감별진단을 생성시킬 수 있는 시스템이다. 이 시스템으로 가축의 질병 600여개에 대하여 임상증상, 참고문헌, 요약문 등을 이용할 수 있다(표. 1).

또 코넬대학의 Pollock는 "PROVIDES"라는 소프트웨어를 개발하였는데 PKC를 이용하여 MUMPS 언어로 프로그래밍 한 것이다<sup>47)</sup>(그림 10). "PROVIDES"는 수의 컴퓨터 지원진단의 대명사로 인식될 정도로 널리 알려져 있으며 여러차례 비전염되어 있으며 일본에서는 일어 번역판이 나오고 있고 우리나라에서도 일부 동물병원에서 수입하여 사용하고 있다.

의사인 Weeds가 개발한 PKC를 여러 수의과 대학에서 수의학 분야에 적용시켜 연구하고 있다. 미시시피 주립대학의 Busby는 PKC연구로 유명하며 여러 PKC 개발품이 나와 있다. 미시시피 주립대학에서는 수의과 교과과정에 PKC 개념이 도입된 바 있다.

텍사스 수의학 진단실험실(Texas Veterinary Medical Laboratory)에서는 "VISTA"라는 패키지를 개발한 바 있다. 또한 "TVMDL"이라는 진단 프로그램은 인공지능을 이용해서 만들었으며 마이크로 컴퓨터에서 사용할 수 있다. 표 3에 미국내에서 연구 개발중인 수의컴퓨터 지원

진단 소프트웨어의 현황을 나타내었다(표 3).

## VI. 결 론

컴퓨터를 이용한 진단의 보조가 과연 필요한가에 대한 논란도 있었지만 보다는 진단을 경험에만 의존하지 않고 첨단기술을 이용하려는 노력은 긍정적으로 평가되어야 한다. 실제 과거 십여년간 여러가지 훌륭한 시스템이 선을 보여왔고 또 이의 중요성과 효용성도 인정되었으며 사용하는 수의사도 늘고 있다.

앞으로 수의학 정보의 양은 더욱 많이 늘어만 갈 것이고 또한 전산학의 발달도 빠른 속도로 진행될 것이다. 수의학분야에서의 컴퓨터 연구도 이에 맞추어서 진행되어야 하고 임상수의사도 고정관념에서 벗어나 새로운 시각으로 관심을 갖어야 할 것으로 생각한다.

## 참 고 문 헌

1. Couch, N. N., Tinney, A., Raynor and Moore, F.: The high cost of low frequency events. N. Engl. J. Med. (1981) 304 : 634~637.
2. Jervis, R.: Deterrence and perception. J. Intl. Security. (1983) 7(3) : 3~30.
3. Prutting, J.: Lack of correlation between antemortem and postmortem diagnosis. N.Y. State J. Med. (1967) 67 : 2081~2084.
4. Steel, K., Gertman, P., Crescenzi, C. and Anderson, J.: Iatrogenic illness on a general medical service at a university hospital. N. Engl. J. Med. (1976) 15 : 216~224.
5. Adlassing, K.P.: A puzzy logical model of computer-assisted medical diagnosis. Méthods Inf. Med. (1980) 19(3) : 141~148.
6. Baye T.: An essay toward solving a problem in the doctrine of chance. Philo. Trans. Roy. Soc. (1963) 53 : 370~410.
7. Duda, R. O. and Shortliffe, E. H.: Expert systems research. Science. (1983) 220(4594) : 261~267.
8. Myers, J. D. et al.; Cadeuceus : A computerized diagnostic consultation system in internal medicine. Proc. of 6th Ann. Symp. on computer Applications in Medical Care, IEEE. (1982) 44~47.
9. Fessler, A. P.: Computer-assisted decision-making in veterinary medicine. Vet. Med. (1984) 79 : 558~564.
10. Pollock, R. V. H.: Computers as medical management tools. Vet. Clin. North Am. : Small Anim. Pract. (1986) 16 : 669~684.
11. Osborne, C. A.: Diagnosis of a diagnosis. J. Am. Vet.

- Med. Assoc. (1983) 183 : 890~891.
12. Weed, L. L. : Your health care and how to manage it. Essex Publishing Company. (1978)
  13. Voytovich, A. E., Rippey, R. and Suffredin, R. : A premature conclusions in diagnostic reasoning. *J. Med. Educ.* (1985) 60 : 302~307.
  14. Elstein, A. S., Shulman, L. S., Sprafka, S. A., *et al.* : Medical problem solving. Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press. (1978).
  15. Gale, J. and Marsden, P. : Medical diagnosis : From student to clinician. Oxford England, Oxford University Press. (1983)
  16. Pollock, R.V.H. : Anatomy of a diagnosis. *Compend. Contin. Educ. Pract. Vet.* (1985) 7 : 621~628.
  17. Barrows, H.S. and Tamblyn, R. M. : Problem-based learning : An approach to medical education, New York : Springer Publishing Co., (1980) 42~47.
  18. Fenner, W. R. : Quick reference to veterinary medicine. J. B. Lippincott, Philadelphia, Pa., (1982) p. 8.
  19. Gibbons, W. J. : Clinical diagnosis of disease of large animals. Lea & Febiger, Philadelphia, Pa, (1966).
  20. Harvey, A. M. and Bordley, J. : Differential diagnosis : The interpretation of clinical evidence. W. B. Saunders, Philadelphia, Pa, (1972).
  21. Nash, F. A. : The mechanical conservation of experience, especially in medicine. *IRE trans. Med. Elec.* (1960) 240.
  22. Rogers, W. *et al.* : Computer-aided medical diagnosis : Literature Review. *Intl. J. Bio-Medical Computing.* (1979) 10 : 267~289.
  23. Ledley, R. S. and Lusted, L. : Reasoning foundations of medical diagnosis. *Science.* (1959) 130 : 9~22.
  24. Lipkin, M. and Hardy, J. : Mechanical correlation in differential diagnosis of hematological diagnosis, *J.A.M.A.* (1958) 166 : 113~125.
  25. White, M. E., Lummis, M. M., Roberts, L. T. and Lewkowicz, J. : Consultant : Computer-assisted differential diagnosis. *Vet. Computing[suppl]* ; (1984) 2(10) : 9~12.
  26. Kramer, J. M., Meunier, P. C. and Pollock, R.V.H. : Canine Parvovirus : Update, *Vet Med. Small Anim. Clin.* (1980) 75 : 1541~1555.
  27. Muller, G.H., Kirk, R. W. and Scott, D. W. : Small animal dermatology. ed. 3 Philadelphia, W. B. Saunders Co. (1983).
  28. Marglis, C. Z. : Uses of clinical algorithms. *J.A.M.A.* (1983) 249 : 627~632.
  29. Bleich, H. : Computer-based consultation. *Am. J. Med.* (1972) 53 : 285~291.
  30. Richards, B. and Goh, A. : Computer assistance in the treatment of patients with acid-base and electrolyte disturbances. *Medinfo. 77*, International Federation of Information Processing, (1977), pp. 407~410.
  31. Solberg, H. A. : Computer program for quality control of blood acid/base results. *Comput. Programs Biomed.* (1973) 3 : 79~86.
  32. Grimm, R., Shimoni, K. Harlan, W. and Estes, E. : Evaluation of patient-care protocol use by various providers. *N. Engl. J. Med.* (1975) 292 : 507~511.
  33. Weed, L. L. and Hertzberg, R. : Problem-solving : What's the best combination of man and machine? *Comput. Med. Update.* (1984) 2 : 4~16.
  34. Pollock, R.V.H. : Diagnosis by calculation. *Compend. Cotin. Educ. Pract.*, (1985) 7 : 621~628.
  35. Eddy, D. M. and Clanton, C. H. : Solving the clinicopathological exercise, *N. Engl. J. Med.* (1982) 306 : 1263~1268.
  36. Reggia, J. A. : Computer-assisted medical decision making : A critical review. *Annals of Biomedical Engineering.* (1982) 9(5~6) : 605~619.
  37. Cerutti, S. and Pier, C. T. : A method for the quantification of decision-making process in a computer-oriented medical world. *Intl. J. Bio-Medical Computing.* (1981) 12 : 29~57.
  38. Fitzgerald, L. T., Overall, J. E. and Williams, C. M. : A computer program for diagnosis of thyroid disease. *Am. J. Roentgen.* (1966) 97 : 901~905.
  39. Tsai, M., Pimmel, R. and Donohue, J. : Automatic classification of spirometric data. *IEEE Trans. Biomed. Eng.* (1979) 26 : 293~298.
  40. Slatter, D. H. : Fundamentals of veterinary ophthalmology. W. B. Saunders, Philadelphia Pa. (1981) p. 290.
  41. Reggia, J. A. : A domain-independant system for developing knowledge bases. *Proceedings of the Third Biennial Conference of the Canadian Society for Computational studies of Intelligence.* (1980) pp. 289~295.
  42. Pople, H., Myers, J. and Miller, R. : DIALG-A model of diagnostic logic for international medicine. *Proceedings of the Fourth International Joint Conference on Artificial Intelligence.* (1975) 4 : 848~855.
  43. Newberne, P. M. : Introductory comments. *Amer. J. Vet. Res.*(1972) 33(1) : 209~210.
  44. Conzelman, G. M. Jr. *et al.* : The use of computer-based data banks in the teaching of clinical problem-solving and medical case management to veterinary students. *J. Vet. Med. Ed.* (1975) 2(2) : 20~23.
  45. Grimes, G. M. *et al.* : Diagnosing simulated clinical cases using a computer-based education system. *J. Vet. Med. Ed.* (1974) 1(2) : 18~20.
  46. Kruse, K. A. : Building a practice with a computer. *Vet. Clin. North Am., Small Anim. Pract.* (1986) 16 : 723~743.
  47. Pollock R.V.H. and Lewkowicz, J. M. : PROVIDES : A knowledge coupler system for veterinary medicine. *Proc. Conf. Computers in Vet. Med. 1982* : Mississippi State U, Starkville, MS.