

平成 13 年度 京都大学大学院情報学研究科
 修士課程 社会情報学専攻入学者選抜試験問題
 (専門科目)

平成 12 年 8 月 24 日 10:00～12:00

【注意】

- ・ 試験開始の合図があるまで中を見てはいけない。
- ・ 問題用紙は表紙を含めて14枚である。試験開始後、枚数を確認し、落丁または印刷の不鮮明なものがあれば直ちに申し出ること。
- ・ 問題は下記の23題である。このうちいずれか 3 題を選択し、解答しなさい。

科目名	問題番号	ペ ー ジ	問題数
計算機科学	T1～T8	2～8ページ	8題
生物・環境	B1～B3	9～10ページ	3題
防災システム	D1～D3	11～12ページ	3題
医療情報	M1～M3	12ページ	3題
法学・経済学	J1～J6	13～14ページ	6題

- ・ 解答用紙の表紙に記載されている注意事項についても留意すること。
- ・ 問題 1 問につき、解答用紙 1 枚を使用すること。解答用紙は裏面を使用しても構わないが、使用する場合は裏面に継続することを明記すること。

修士課程 専門科目【計算機科学】問題番号:T-1

(1) 以下の機械学習方式から3つを選択し、そのアルゴリズムを説明せよ。

- (a) ID3
- (b) 誤差逆伝播法
- (c) 説明に基づく学習
- (d) 強化学習

(2) 選択した3つの機械学習方式を比較せよ。

222
修士課程 専門科目【計算機科学】問題番号:T-2

関係データベースにおける関数従属性について以下の問に答えよ。ここで、属性はA、B、Cの3つのみであるとする。

(1) 次のような関数従属性があるとする。この場合、これから導かれるすべての関数従属性集合を示せ。(関数従属性の閉包)

$A \rightarrow B \quad B \rightarrow C$

ここで、 $A \rightarrow B$ はAからBへの関数従属性を示す。

(2) 上記の関数従属性集合に含まれない関数従属性をすべて導出できる最小の関数従属性集合を求めよ。(関数従属性集合の非冗長化)

(3) 与えられたひとつの関数従属性を満足しないような、組数が2つしかない関係はどうしたら作られるか。

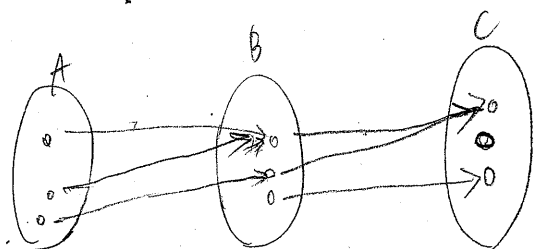
(2)と(3)の結果を用いて(1)の関数従属性をすべて満足しそれ以外の関数従属性(上記(2)に対応)は満足しないような、できるだけ組数の少ない関係を示せ。

(1) $\{A \rightarrow B, B \rightarrow C, A \rightarrow C, A \rightarrow BC\}$

(2) $\{A \rightarrow BC\} \quad \cancel{\{C \rightarrow A, B\}}$

(3) $A \rightarrow B$ を除外した $\{B \rightarrow C, A \rightarrow C\}$ になり組数が2つになる

(4) $\{A \rightarrow BC, B \rightarrow C\}$



修士課程 専門科目【計算機科学】問題番号:T-3

お米の品種(こしひかり、タイ米、中国米など)を自動識別(discrimination)する機械を設計する。

- (1) 識別に用いることのできる特徴量(features)をできるだけ多数(少なくとも5つ以上)
列挙せよ。必要であれば、正規化(normalization)についても言及せよ。
- (2) KL 変換(KL transformation)もしくは判別分析(discriminant analysis)について、そ
の概要を説明し、(1)で列挙した特徴量に対して適用した際に予想される結果を考
察せよ。
- (3) 二次判別関数(quadric discriminant function)、及び区分線形判別関数
(piece-wise linear discriminant function)について、式を用いて説明せよ。また、そ
れらのパラメータ数(number of free parameters)あるいは機械容量(machine
capacity)を求めた上で、(1)(2)で得られた特徴量に対して判別関数を学習
(training)するのに必要なサンプル数について議論せよ。
- (4) お米以外のもの(麦や石粒など)を棄却(rejection)するための方法について検討
せよ。

修士課程 専門科目【計算機科学】問題番号:T-4

q 個のシンボル(symbol)を持つ無記憶情報源(zero-memory source, memory-less source)を $S=\{s_1, s_2, \dots, s_q\}$ とし, それぞれのシンボルの生起確率(probability)を $P=\{P_1, P_2, \dots, P_q\}$ とする. r 個の符号アルファベット(alphabet)集合を $X=\{x_1, x_2, \dots, x_r\}$ とする. S に対するブロック符号(block code)を考え, シンボル s_i ($i=1, 2, \dots, q$) に割り当てられた符号語長(word length) (符号アルファベットの数)を L_i とする. 以下の設問 1 ~ 4 に答えよ.

設問 1 以下の語句(a) ~ (c)を簡単に説明せよ.

- (a) コンパクト符号(compact code)
- (b) 情報源(information source)のエントロピー(entropy)
- (c) 平均符号長(average length of a code)

設問 2 瞬時に復号可能な符号(instantaneous code)の符号語長が満たすべき条件を導出せよ.

設問 3 瞬時に復号可能な符号の平均符号長とエントロピーとの関係を導出せよ.

設問 4 S のシンボル数を 7, 生起確率を $\{0.3, 0.3, 0.2, 0.1, 0.05, 0.03, 0.02\}$, 符号アルファベットを $X=\{0, 1, 2\}$ としたとき, 以下の(a) ~ (c)に答えよ.

- (a) S のエントロピーを有効数字小数点以下 2 桁で計算せよ. ただし, $\log_2 3 = 1.58$, $\log_2 5 = 2.32$ とする.
- (b) 情報源 S に対するコンパクト符号の平均符号長を計算せよ.
- (c) 上の(a), (b)の結果が, 設問 3 で求めた関係を満足していることを示せ.

p	q	$p \wedge q$	$p \vee q$
T	T	T	T
T	F	F	T
F	T	F	T
F	F	F	F

修士課程 専門科目【計算機科学】問題番号:T-5

設問1 論理記号 (logical symbol) 『 \supset 』, 『 \wedge 』, 『 \vee 』, 『 \neg 』は, それぞれ, 「ならば」 (implication), 「かつ」 (conjunction), 「または」 (disjunction) および 「でない」 (negation) を表す. 「T」は真を表し, 「F」は偽を表す. 例にならって, 論理式 (formula) ① $(\neg p) \supset q$ と ② $(p \wedge \neg q) \supset \neg(p \vee q)$ の真理値表 (truth table) を作れ. また, 以下の真理値表の ? に該当する論理式を作れ.

例	p	q	$p \wedge q$	p	q	?	$p \vee q$	p	q	①	②
	T	T	T	T	T	F	T	T	T	F	T
	T	F	F	T	F	T	F	T	F	T	F
	F	T	F	F	T	T	T	F	T	T	T
	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F

設問2 述語論理 (predicate logic) の標準的な論理体系 (logical system) を使って, 以下の 1~4 の論理式 (formula) の証明 (proof) を与えよ. 述語論理の標準的な論理体系はいくつかある. 一例を付録に掲げたので, 参考にしてもよい.

- $A \supset (A \supset B) \supset B$
- $(A \wedge B) \supset (A \supset C) \supset (B \wedge C)$
- $(\forall x. A(x) \supset B(x)) \supset (\forall x. A(x)) \supset \forall x. B(x)$
- $(\exists x. \forall y. A(x, y)) \supset \forall y. \exists x. A(x, y)$

付録 標準的な論理体系の一例

$\frac{}{\Gamma \cup \{P\} \vdash P}$	$\frac{\Gamma \cup \{P\} \vdash Q}{\Gamma \vdash P \supset Q}$	$\frac{\Gamma \vdash P \supset Q \quad \Gamma' \vdash P}{\Gamma \cup \Gamma' \vdash Q}$
$\frac{\Gamma \vdash P \quad \Gamma' \vdash Q}{\Gamma \cup \Gamma' \vdash P \wedge Q}$	$\frac{\Gamma \vdash P \wedge Q}{\Gamma \vdash P}$	$\frac{\Gamma \vdash P \wedge Q}{\Gamma \vdash Q}$
$\frac{\Gamma \vdash P(x)}{\Gamma \vdash \forall x. P(x)}$ Γ の中に変数 x が自由 に現れることはない	$\frac{\Gamma \vdash \forall x. P(x)}{\Gamma \vdash P(t)}$	
$\frac{\Gamma \vdash P(t)}{\Gamma \vdash \exists x. P(x)}$	$\frac{\Gamma \vdash \exists x. P(x) \quad \{P(x)\} \cup \Gamma' \vdash Q}{\Gamma \cup \Gamma' \vdash Q}$ Γ, Γ' 及び Q の中に変数 x が自由 に現れることはない	

修士課程 専門科目【計算機科学】問題番号:T-6

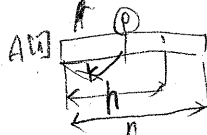
相異なる n 個の整数が、配列 (array) A 上に $A[m], A[m+1], \dots, A[m+n-1]$ として与えられているとする。この中から小さい方から数えて h 番目の整数を求める関数 nth を以下のように作成する。ただし、 $m \geq 0$ かつ $1 \leq h \leq n$ である。int は整数型 (integer type) を表し、 /* ...*/ はコメントを表す。

```

nth (int m, int n, int h) {
    int p; int k;
    if (n <= 15) {
        sort(m, m+n-1);
        return A[m+h-1];
    } else {
        p = pivot(m, n);
        k = partition(m, n, p);
        if (h <= k) return nth(m, k, h);
        else return nth(m+k, n-k, h-k);
    }
}

```

計算量のため
/ A[m], A[m+1], ..., A[m+n-1] を昇順にソート */*
/ h 番目を返す */*
/ p は A[m], ..., A[m+n-1] のうちの1つ */*
/ 配列 A の並べ換え */*
/ h 番目は前半にある */*
/ h 番目は後半にある */*
/ 関数 nth の定義終了 */*



関数 sort , pivot はそれぞれコメントの通りとする。また、関数 partition は、 $A[m], \dots, A[m+n-1]$ を並べ換える事により、 $k = \text{partition}(m, n, p)$ の実行後に条件 (i), (ii) が共に満足される関数とする。

(i) $m \leq i < m+k$ ならば $A[i] \leq p$

(ii) $m+k \leq i < m+n$ ならば $A[i] > p$

設問 1 $\text{pivot}(m, n)$ が常に配列の左端の整数 $A[m]$ を返す時、 $\text{nth}(m, n, h)$ の計算が停止しない事がある。これを示せ。

設問 2 $\text{pivot}(m, n)$ が返す値に条件を付けて、上記のプログラムが常に正しく動作するようにしたい。どのような条件を付ければ良いか述べよ。

次に、関数 pivot を以下のように定める。ただし、関数 swap はコメントの通りとし、 x/y は整数としての割り算 (小数点以下を切捨) を表す。

```

pivot (int m, int n) {
    int b; int i;
    b = n/5;
    for (i=0; i<b; i++) {
        sort(m+5*i, m+5*i+4);
        swap(m+i, m+5*i+2);
    }
    return nth(m, b, (b+1)/2);
}

```

/ i=0, 1, ..., b-1 に対する繰返し */*
/ A[m+5*i], ..., A[m+5*i+4] を昇順にソートする */*
/ A[m+i] と A[m+5*i+2] を入れかえる。 */*
/ 前半 b 個の整数の中央値 (median) を返す */*
/ 関数 pivot の定義終了 */*

*λ=0 or 1 A[m] ~ A[m+4] 5つあり
λ=1 or 2 A[m+5] ~ A[m+9] 5つあり
λ=0 or 1 A[m] ~ A[m+4] 5つあり
λ=1 or 2 A[m+5] ~ A[m+9] 5つあり*

設問 3 $n > 15$ と仮定し $p = \text{pivot}(m, n)$ とする。集合 $\{i \mid m \leq i < m+n \text{ かつ } A[i] \leq p\}$ の要素の個数を N とする。 $\frac{n}{4} \leq N \leq \frac{3n}{4}$ である事を示せ。

設問 4 $\text{nth}(m, n, h)$ の計算において再帰的に関数 nth が呼び出される回数は $O(\log n)$ であることを示せ。ここで $\log n$ は n の自然対数 (natural logarithm) を表す。

修士課程 専門科目【計算機科学】問題番号:T-7

任意の決定性有限オートマトンをシミュレートできるチューリング機械を作成したい。以下の問いに答えよ。

(1) 0と1を入力記号とする有限オートマトンを0と1で符号化する方法を述べよ。

(2) 「シミュレートする」ことの意味を述べよ。

(3) 0と1を入力記号とする任意の決定性有限オートマトンをシミュレートできるチューリング機械を設計せよ。多テープで良い。設計は状態遷移図を書き下すことは要求しないが、以下の手順で記述せよ。先ず、機械の概要と基本的アイデアを述べること。次に、ある程度細部を述べよ。特に、有限と無限の違いのあたりで本質的誤解をしているかの様な疑いを持たせるような記述を極力避けること。

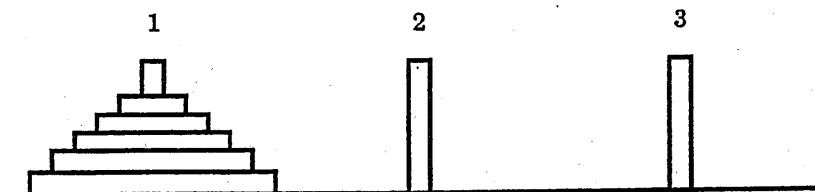
(4) どのような有限オートマトンでも認識できない $\{0,1\}$ 上の言語を対角線論法で作成せよ。

(5) 上の(4)で作成した言語がチューリング機械でなら認識できることを示せ。

なお、質問は一切受け付けない。問題に不審のある場合は、そのことを記述した上で適切と思われる仮定を設けて解答すること。

修士課程 専門科目【計算機科学】問題番号:T-8

ハノイの塔というパズルがある。図に示すように3本の棒が立っていて、棒1にいく枚かの円盤がささっている。円盤を一度に1枚ずつ棒から棒に動かして、すべての円盤を棒3に移せというパズルである。ただし、小さい円盤の上に大きい円盤をのせてはならない。正



の整数 n が与えられたときに、 n 枚の円盤を使うハノイの塔を解く手順を画面に表示するプログラムはC言語では次のようになる。(円盤には小さいものから順に番号をつけてある。)

```

move_disk(int n, int from, int to) {
    printf("Move disk %d from %d to %d.\n", n, from, to);
}
hanoi (int n, int from, int to, int free) {
    if (n == 1)
        move_disk(1, from, to);
    else {
        hanoi(n-1, from, free, to);
        move_disk(n, from, to);
        hanoi(n-1, free, to, from);
    }
}
main(int argc, char **argv) {
    int n;
    sscanf(argv[1], "%d", &n);
    hanoi(n, 1, 3, 2);
}

```

関数 `hanoi` が再帰的に定義されているが、再帰を使わないように関数 `hanoi` の定義を書き換えよ。プログラムを理解できるように、適宜コメントを付けること。