

بهینه سازی

محاسبات محتملترین تعداد باکتری (MPN)

با استفاده از مدل‌های کامپیوتر

رامین نبی زاده^(۱) - کاظم ندافی^(۲)

مقدمه

طبق تعریف، گروه کلیفرم شامل باکتریهای هوازی - بی‌هوازی اختیاری، گرم منفی، بدون اسپور و میله‌ای شکل می‌باشد که قادرند در درجه حرارت ۳۵ درجه سانتیگراد در طی ۴۸ ساعت لاکتوز را تخمیر نموده و سبب ایجاد گاز و اسید شوند. گرچه این میکروارگانیسمها نیز کلیه شرایط ایده‌آل یک شاخص بیولوژیکی را حائز نیستند ولیکن به دلیل فقدان جایگزین مناسب، امروزه در رابطه با بهداشت آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. آزمایش استاندارد برای گروه کلیفرم را می‌توان توسط روش صافی‌های غشایی و یا تخمیر چند لوله‌ای انجام داد. در روش تخمیر چند لوله‌ای نتیجه آزمایش را به صورت محتملترین تعداد در ۱۰۰ میلی‌لیتر^(۳) بیان می‌کنند و به اختصار به MPN/۱۰۰ ml نمایش می‌دهند. دقت هر آزمایش بستگی به تعداد لوله‌های مورد آزمایش دارد. بهترین نتیجه وقتی حاصل می‌گردد که در لوله‌هایی که حجم نمونه بیشتر است، در برخی و یا همه لوله‌ها گاز تولید شود و در لوله‌هایی که حجم نمونه کمتر است، در هیچ و یا تعداد اندکی از لوله‌ها گاز تشکیل شده باشد. لذا در نمونه‌هایی که انتظار وجود تعداد بیشتری از کلیفرمها وجود دارد، باید سریهای کشت را افزایش داد. محاسبه تعداد کلیفرمها با توجه به تعداد لوله‌های مثبت در هر سری از جداول ارائه شده MPN و یا از طریق فرمول توماس انجام می‌شود.

متأسفانه کاربرد این جداول بسیار اختصاصی است و در صورتی که هدف استفاده از آنها در موارد غیر همسان از نظر رقت‌های کشت داده شده و تعداد لوله‌ها در هر سری باشد، باید حتماً تصحیحات ویژه‌ای در این خصوص انجام شود. از آنجایی که مبنای آماری محاسبه تعداد باکتریها در این آزمایش برگرفته از توزیع پواسون بوده و جداول ارائه شده نیز بر این اساس تنظیم شده‌اند، لذا در بسیاری از موارد که استثنائات و محدودیتهایی وجود دارد، بدست آمدن نتایج صحیح مستلزم رعایت نکاتی مهم در این خصوص می‌باشد. تجربیات حاکی از این است که در بسیاری از موارد توجه کافی به شرایط کاربرد جداول MPN نمی‌گردد. در ضمن کاربرد فرمول رایج توماس نیز دستورالعمل خاص خود را دارد، به علاوه اینکه در کاربرد فرمول توماس همواره خطای سیستماتیک وجود دارد و در اغلب موارد مقادیر محاسبه شده از طریق این فرمول با مقدار واقعی MPN که از طریق تحلیل آماری توزیع پواسون بدست می‌آید، تفاوت دارد. هدف این مقاله ارائه راههای مختلف محاسبه MPN و در نهایت طراحی و ارائه برنامه کامپیوتری است که قادر است مقادیر MPN را از طریق تحلیل آماری توزیع پواسون به طور بهینه محاسبه نماید.

۱- دانشجوی رشته دکترای بهداشت محیط - دانشگاه تهران

۲- عضو هیئت علمی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی بزد

3- Most Probable Number

محدودیت روشهای رایج در محاسبه شاخص MPN

۱- کاربرد جداول MPN

این جداول که بر حسب توزیع پواسون محاسبه شده‌اند، معمولاً به دو صورت مستقیم و یا غیر مستقیم بکار می‌روند. الف: کاربرد مستقیم استفاده مستقیم خاص مخصوص مواردی است که شرایط آزمایش از نظر تعداد لوله‌های کشت داده شده و همچنین ترتیب رقتها دقیقاً با موارد مندرج در جدول یکسان باشد.

ب: کاربرد غیر مستقیم

در مواردی است که شرایط آزمایش از نظر تعداد لوله‌های کشت داده شده و همچنین ترتیب رقتها با موارد مندرج در جدول تطابق نداشته باشد. در چنین مواردی نمی‌توان به سهولت مورد قبل از جدول استفاده کرد و باید حتماً تصحیحاتی را انجام داد. به عنوان مثال چنانچه جدول (۱) که خاص ۳ سری پنج تایی به ترتیب محتوی ۱-۱-۱-۰/۱-۰ از نمونه است، در دست باشد و شرایط آزمایش از نظر ترتیب رقتها تفاوت نماید باید حتماً از طریق فرمول زیر تصحیح لازم را انجام داد.
 (بیشترین حجم مورد آزمایش از نمونه) / ۱۰ × (مندرج در جدول) = MPN/۱۰۰ ml

جدول (۱) - شاخص MPN (۳ سری پنج تایی با حجمهای نمونه به ترتیب ۱/۱ ml - ۱ ml - ۱ ml)

ترکیب لوله‌های مثبت	MPN/۱۰۰ ml	ترکیب لوله‌های مثبت	MPN/۱۰۰ ml
۰-۰-۰	< ۲	۴-۲-۰	۲۲
۰-۰-۱	۲	۴-۲-۱	۲۶
۰-۱-۰	۲	۴-۳-۰	۲۷
۰-۲-۰	۴	۴-۳-۱	۳۳
		۴-۴-۰	۳۴
۱-۰-۰	۲	۵-۰-۰	۲۳
۱-۰-۱	۴	۵-۰-۱	۳۰
۱-۱-۰	۴	۵-۰-۲	۴۰
۱-۱-۱	۶	۵-۱-۰	۳۰
۱-۲-۰	۶	۵-۱-۱	۵۰
		۵-۱-۲	۶۰
۲-۰-۰	۴	۵-۲-۰	۵۰
۲-۰-۱	۷	۵-۲-۱	۷۰
۲-۱-۰	۷	۵-۲-۲	۹۰
۲-۱-۱	۹	۵-۳-۰	۸۰
۲-۲-۰	۹	۵-۳-۱	۱۱۰
۲-۳-۰	۱۲	۵-۳-۲	۱۴۰
۳-۰-۰	۸	۵-۳-۳	۱۷۰
۳-۰-۱	۱۱	۵-۴-۰	۱۳۰
۳-۱-۰	۱۱	۵-۴-۱	۱۷۰
۳-۱-۱	۱۴	۵-۴-۲	۲۲۰
۳-۲-۰	۱۴	۵-۴-۳	۲۸۰
۳-۲-۱	۱۷	۵-۴-۴	۳۵۰
۴-۰-۰	۱۳	۵-۵-۰	۲۴۰
۴-۰-۱	۱۷	۵-۵-۱	۳۰۰
۴-۱-۰	۱۷	۵-۵-۲	۵۰۰
۴-۱-۱	۲۱	۵-۵-۳	۹۰۰
۴-۱-۲	۲۶	۵-۵-۴	۱۶۰۰
		۵-۵-۵	> ۱۶۰۰

در ضمن در صورتی که از رقت‌های متعدد در این آزمایش استفاده نشود، نتیجه آزمایش دقیق نخواهد بود. برای مثال حتی وقتی نمونه شامل یک کلیفرم در میلی‌لیتر باشد، در حدود ۳۷٪ لوله‌های حاوی ۱ میلی‌لیتر نمونه ممکن است منفی شوند. و چون توزیع باکتریها به طور تصادفی است وقتی پنج لوله هر یک حاوی ۱ میلی‌لیتر نمونه مورد استفاده قرار گیرد، در ۱٪ موارد ممکن است کلیه لوله‌ها منفی نشان دهند و این مهم بر اهمیت استفاده از سریهای متعدد جهت افزایش دقت و صحت در نتیجه آزمایش تاکید دارد. زمانی که بیش از ۳ رقت در سریهای با ضریب رقت ۱/۱ بکار رفته

۲- استفاده از فرمول توماس

در بسیاری از موارد، خصوصاً وقتی موارد حاصل از نتایج آزمایش در جداول موجود نباشد از فرمول زیر که به فرمول توماس موسوم است، استفاده می‌شود.

$$\text{MPN}/100\text{ml} =$$

$$100 \times (\text{تعداد لوله‌های مثبت})$$

(میلی‌لیتر نمونه در کل لوله‌ها) (میلی‌لیتر نمونه در لوله‌های منفی)

بر خلاف آنچه عموماً نزد نوآموزان این رابطه متصور است، کاربرد آن چندان خالی از دغدغه نیست. در صورتی که موارد لازم در کاربرد رابطه رعایت نشود نتیجه نادرست

مثال	۱ (ml)	۰/۱ (ml)	۰/۰۱ (ml)	۰/۰۰۱ (ml)	ترتیب موارد +	MPN/۱۰۰ ml
A	۵/۵	۵/۵	۲/۵	۰/۵	۵-۲-۰	۵۰۰۰
B	۵/۵	۴/۵	۲/۵	۰/۵	۵-۴-۲	۲۲۰۰
C	۰/۵	۱/۵	۰/۵	۰/۵	۰-۱-۰	۲۰
D	۵/۵	۳/۵	۱/۵	۱/۵	۵-۳-۲	۱۴۰۰
E	۵/۵	۳/۵	۲/۵	۰/۵	۵-۳-۲	۱۴۰۰

باشد، همچنان که در بسیاری از موارد خصوصاً نمونه‌های فاضلاب نیز کاربرد بیش از ۳ سری رقت لازم می‌باشد، برای محاسبه MPN از جدول باید ۳ مورد از آنها را برگزید. اولیه مورد در این گزینش مربوط به بیشترین رقتی است که در آن هر ۵ لوله مثبت بوده باشد دو مورد دیگر به ترتیب رقت‌هایی هستند که پس از رقت گزینش مورد اول قرار گرفته‌اند. مثالهای فوق به دقت نحوه انتخاب ۳ مورد مزبور را نشان می‌دهد.

در مورد C جهت قرار دادن نتیجه مثبت در رقت وسط سه مورد اول برگزیده شده است. مانند مورد D چنانچه در سری مربوط به بیشترین رقت پس از ۳ مورد انتخاب شده، یک مورد مثبت وجود داشته باشد، باید آن را با تعداد لوله‌های مثبت مربوط به بیشترین رقت جمع کنیم.

لوله، از رقت ۱ سه لوله، و از رقت ۱/۱ یک لوله مثبت شده است. برای شمارش تعداد لوله‌های مثبت نباید پنج لوله مربوط به رقت ۱۰ را در نظر بگیریم بلکه باید سه لوله (۱ میلی‌لیتر نمونه) و یک لوله (۰/۱ میلی‌لیتر نمونه) که مثبت شده‌اند را در نظر گرفت. همینطور برای تعیین حجم نمونه

در کل لوله‌ها، حجم مربوط به رقتی که هر پنج لوله آن مثبت شده است را در نظر نمی‌گیریم و حجم رقت‌های بعدی را مورد توجه قرار می‌دهیم. توجه به مثالهایی که متعاقباً ارائه گردیده کاربرد قاعده مزبور را بیشتر روشن می‌سازد. داده‌های بدست آمده در مورد لوله‌های مثبت:

رقت ml/۱۰۰ml	نمونه آب					
	۱	۲	۳	۴	۵	۶
۱۰/۰	۵	۴	۵	۵	۵	۵
۱/۰۰	۳	۳	۵	۵	۵	۵
۰/۱۰	۱	۵	۵	۵	۰	۵
۰/۰۱	-	-	۳	۵	۳	۴
۰/۰۰۱	-	-	۲	۳	۲	۳
۰/۰۰۰۱	-	-	۱	۲	۱	۱

داده‌ها پس از انجام تصحیحات:

رقت ml/۱۰۰ml	نمونه آب					
	۱	۲	۳	۴	۵	۶
ml/۱۰۰ml	۱	۲	۳	۴	۵	۶
۱۰/۰	۵	۴	۵	۵	۵	۵
۱/۰۰	۳	۳	۵	۵	۵	۵
۰/۱۰	۱	۵	۵	۵	۰	۵
۰/۰۱	-	-	۳	۵	۵	۴
۰/۰۰۱	-	-	۳	۳	-	۴
۰/۰۰۰۱	-	-	-	۲	-	-

محاسبه MPN از طریق فرمول توماس:

نمونه	محاسبات	MPN/۱۰۰ ml
۱	$400 / (2/4 \times 5/5)^{1/2}$	۱۱۰
۲	$1200 / (12 \times 55/5)^{1/2}$	۴۷
۳	$600 / (0/022 \times 0/055)^{1/2}$	۱۷۲۴۸
۴	$500 / (0/0023 \times 0/055)^{1/2}$	۱۴۰۵۸۰
۵	$500 / (0/5 \times 0/55)^{1/2}$	۹۵۳
۶	$800 / (0/011 \times 0/055)^{1/2}$	۳۲۵۲۵

بدست خواهد آمد. در ضمن نتایج حاصل از کاربرد این رابطه کم و بیش بر حسب شرایط با اعداد بدست آمده از محاسبات آماری مبتنی بر توزیع پواسون تفاوت دارد. ضوابط لازم جهت کاربرد این رابطه به شرح زیر می‌باشند:

در موردی که در بعضی از رقتها هر پنج لوله مثبت شده است، شمارش لوله‌های مثبت باید با بیشترین رقتی که حداقل یک نتیجه منفی داده است شروع شود.

به عنوان مثال نتایج مربوط به ۶ نمونه که جهت تعیین تعداد کلیفرم مورد آزمایش واقع شده‌اند در جداول زیر قابل ملاحظه می‌باشد.

در نمونه آب شماره ۱ که با رقت‌های ۱۰ و ۱ و ۰/۱ کشت داده شده است (از هر رقت پنج لوله) از رقت ۱۰ هر پنج

از آنجایی که اساس و مبنای محاسبات MPN، توزیع پواسون می باشد و همچنین به دلیل وجود محدودیتهای مذکور در خصوص استفاده از جداول و فرمول توماس، بهتر است در صورت امکان مستقیماً از روابط آماری مربوط به توزیع پواسون که در این خصوص مطرح هستند، استفاده نمود. این رابطه به صورت زیر بیان می شود:

$$y = 1/a [(1 - e^{-n_1 \lambda})^{p_1} (e^{-n_1 \lambda})^{q_1}] [(1 - e^{-n_2 \lambda})^{p_2} (e^{-n_2 \lambda})^{q_2}] \dots$$

$y =$ احتمال رخداد یک نتیجه معین

$a =$ مقدار ثابت برای شرایط معین

$n^1, n^2, n^3 =$ حجم نمونه در هر رقت.

$\lambda =$ تعداد کلیفرمها، تعداد در هر میلی لیتر.

$P^1, P^2, P^3 =$ تعداد لوله های مثبت در هر سری رقت.

$q^1, q^2, q^3 =$ تعداد لوله های منفی در هر سری رقت.

مثال زیر نحوه استفاده از رابطه مزبور را در محاسبه MPN مشخص می کند.

در آزمایش یک نمونه آب نتایج حاصل از تخمیر چند لوله ای که در آن از ۳ سری پنج تایی به ترتیب با حجمهای ۱۰-۱-۱ میلی لیتر استفاده شده است، به صورت زیر ارائه گردیده است.

رقت	n^1	p^1	q^1
۱	۱۰	۴	۱
۲	۱	۳	۲
۳	۰/۱	۵	۰

روش تحلیل از طریق سعی و خطا:

با قرار دادن ضرایب در معادله و اتخاذ مقادیر مختلف برای λ جدول زیر تشکیل می گردد.

λ	y_a
۰/۵۶	$4/490 \times 10^{-11}$
۰/۵۷	$4/521 \times 10^{-11}$
۰/۵۸	$4/541 \times 10^{-11}$
۰/۵۹	$4/550 \times 10^{-11}$
۰/۶۰	$4/548 \times 10^{-11}$
۰/۶۱	$4/535 \times 10^{-11}$

سپس مقدار λ که بیشترین مقدار حاصل ضرب y_a را به خود اختصاص می دهد انتخاب می کنیم. این مقدار مربوط به تعداد کلیفرمها در یک میلی لیتر است که با ضرب کردن آن در ثابت $a=100$ مقدار MPN/۱۰۰ ml محاسبه می گردد.

$$MPN/100ml = 100(0/59) = 59$$

کاربرد روش مزبور گرچه در محاسبات نتیجه بسیار دقیق و مطمئن بدست می دهد ولی انجام محاسبات مربوط به آن وقت گیر بوده و امکان اشتباه در آن زیاد است. از این رو جهت استفاده از این روش مطمئن اقدام به طراحی برنامه کامپیوتری گردید. این برنامه قادر است با سرعت همگرانی زیاد، سریعاً مقدار MPN واقعی را محاسبه نماید.

وسائل و روشها:

وسائل مورد استفاده در تهیه این برنامه عبارتند از:

- ۱- میکرو کامپیوتر با پردازشگر ۸۰۸۸ به بالا. (برای تهیه این برنامه از یک پردازشگر ۸۰۲۸۶ استفاده شده است). در برنامه از روالهایی که وابستگی سخت افزاری خاصی داشته باشد، استفاده نشده است، لذا آن را می توان به سهولت با استفاده از پردازشگرهای سازگار با IBM به اجرا در آورد.

۲- چاپگر

۳- کمپایلر ۲/۰۱ - TC

روش کار:

روال طراحی برنامه مزبور را می توان به صورت زیر خلاصه کرد.

- ۱- ورود داده ها از طریق صفحه کلید به طور محاوره ای، شامل انتخاب نوع آزمایش تخمیر چند لوله ای از نظر تعداد لوله های بکار گرفته شده در هر سری، حجم نمونه های بکار رفته در هر سری و تعداد لوله های مثبت در هر سری).

۲- حدس اولیه MPN به طور تقریبی از فرمول توماس جهت

افزایش سرعت همگرایی در رسیدن به MPN واقعی.

۳- انتخاب ضریب تغییرات بهینه، که از روی حدس اولیه و

به منظور افزایش سرعت همگرایی محاسبه می شود.

۴- روال سعی و خطا جهت محاسبه دقیق ترین مقدار MPN

۵- نمایش نتایج و خروج

در زیر متن برنامه مزبور جهت مطالعه بیشتر ارائه شده است و به دنبال آن یک نمونه از اجرای چاپ شده برنامه که داده های ورودی آن از مثال اخیر اخذ شده اند، مورد نظر می باشد. لازم به ذکر است که در تعداد لوله های استفاده شده در هر سری محدودیتی وجود ندارد.

```
#include <math.h>
#include <stdio.h>

#define SIZE 20

/*
Purpose: determination of MPN
Program language: Turbo C 2.01
*/
char _gate='F';
int n_tube; /* variable declaration */
int n_dilut;
int ml10;
int i = 0;
int _pos[ SIZE ];
float landa ;
float s_val;
float _tomas=0.00000;
float _totp=0.00000;
float _tvn=0.00000;
float _tvp=0.00000;
float i_step=0.01;
float newtomas;
int coeff=-1;
int itretion=0;
int choic;
int res;
float s_size[ SIZE ];
int check(int _i);
float stepmaker(float _tomas);
float trail(float tomas_1, float i_step, int coeff);
float probmaker(float landa);
float d_proc( float s, int p, float l, int n ); /* function declaration */
main()
{
clrscr();

while ( _gate !='A' && _gate !='B' && _gate !='C' && _gate !='D' &&
_gate !='E')
{
clrscr();

printf( " \nSELECT YOUR CHOICE: " );
printf( "\n A-Five (5) Tubes Are Used Per Each Dilution. " );
printf( "\n B-Three (3) Tubes Are Used Per Each Dilution." );
printf( "\n C-Only Ten(10),10 mL Tubes Are Used.(NO DILUTION)" );
printf( "\n D-Ten (10) Tubes Are Used Per Each Dilution." );
printf( "\n E-Optional No. Of Tubes Used Per Each Dilution." );
printf( "\nPlease Enter The Choice:" );
```

```

i_step=stepmaker(_tomas);
printf("\n Initial Step=%f",i_step);

printf("\n Please Wait....");

/* Trail & Error For MPN Value */

```

```

while (i_step >=0.01) {
coeff=coeff*-1;

if (itretion!=0)
{i_step=i_step*0.1;}
if (itretion==0)
{newtomas=_tomas;}

itretion+=1;
newtomas=trail(newtomas,i_step,coeff);
}

printf("\n Optimized MPN Value====%f",newtomas);

```

```

/* END OF MAIN BLOCK.*/
/* FUNCTION CHECK */
int check(int _i)
{
if (_pos [_i]!=n_tube && _pos[_i+1]<n_tube)

{ res=1; }
else
{ res=0; }

if (_pos[n_dilut-1]==n_tube)
{res=1;}

return (res);
}
/* END OF FUNCTION CHECK */

```

```

/* FUNCTION STEPMAKER */

float stepmaker(float tomas)
{
/* printf("----->=%f",ceil(fabs(log10(tomas)))); USE IT FOR CHECKING */
choic=ceil(fabs(log10(tomas)));

switch (choic)
{
case (1):{i_step=0.1;break;}
case (2):{i_step=1;break;}
case (3):{i_step=10;break;}
case (4):{i_step=100;break;}
case (5):{i_step=1000;break;}
case (6):{i_step=10000;break;}
case (7):{i_step=100000;break;}
case (8):{i_step=1000000;break;}
case (9):{i_step=10000000;break;}
}
return (i_step);
}
/* END OF FUNCTION STEPMAKER */

```

```

/* FUNCTION TRAIL */
float tomas_1,tomas_2;

```

```

scanf( "%c", &_gate);
}
printf("Case %c :",_gate);

switch (_gate)
{

case ('A'):{n_tube=5;break;}

case ('B'):{n_tube=3;break;}

case ('C'):{
printf( "\nNumber Of Positive Tubes ? " );
scanf("%i",&ml10);

switch (ml10)
{
case(0):{printf("\nMPN Value Is Less Than 1.1/100mL");}
case(1):{printf("\nMPN Value=1.1/100mL");break;}
case(2):{printf("\nMPN Value=2.2/100mL");break;}
case(3):{printf("\nMPN Value=3.1/100mL");break;}
case(4):{printf("\nMPN Value=5.1/100mL");break;}
case(5):{printf("\nMPN Value=6.9/100mL");break;}
case(6):{printf("\nMPN Value=9.2/100mL");break;}
case(7):{printf("\nMPN Value=12.0/100mL");break;}
case(8):{printf("\nMPN Value=16.1/100mL");break;}
case(9):{printf("\nMPN Value=23.0/100mL");break;}
case(10):{printf("\nMPN Value Is More Than 23/100mL");break;}
}
return;}

case ('D'):{n_tube=10;break;}
case ('E'):{
printf( "\nNumber Of Tubes Used Per Each Dilution? " );
scanf("%i",&n_tube);}
}
}

```

```

printf( "\nNumber of dilution? " );
scanf( "%d", &n_dilut );

for( i = 0; i <= n_dilut - 1; ++i ) {
printf( "\nSample size in %dth dilution? ", i + 1 );
scanf( "%f", &s_size[ i ] );
printf( "\nNumber of positive tube in %dth dilution? ", i + 1 );
scanf( "%d", &_pos[ i ] );
} /* for */

```

```

if (n_dilut==1 && _pos[n_dilut-1]<=0){
printf("\nMPN Value Is Less Than 2.2/100 mL");
return;}

```

```

/* MPN Estimation According to Tomas Equation. */
for( i = 0; i <= n_dilut - 1; ++i ) {

if (check(i))
{
_totp=_totp+_pos[i];
_tvp=_tvp+(s_size[i]*n_tube);
_tvn=_tvn+(s_size[i]*(n_tube-_pos[i]));
}
} /* for */
_tomas=100*_totp/sqrt(_tvp*_tvn);

printf("\n no. of positive tubes=%f",_totp);
printf("\n mL of sample in all tubes=%f",_tvp);
printf("\n mL of sample in negative tubes=%f",_tvn);
printf("\n Stimated MPN/100 mL (TOMAS) =%f",ceil(_tomas));

```

Sample size in 3th dilution?0.1
 Number of positive tube in 3th dilution?5

no. of positive tubes=12.000000
 mL of sample in all tubes=55.500000
 mL of sample in negative tubes=12.000000
 Stimated MPN/100 mL (TOMAS) =47.000000
 Initial Step=1.000000
 Please Wait.....
 Optimized MPN Value=59.29

مزبور محاسبه و با هم مقایسه می نمایم.
 محاسبه MPN از سه طریق:

اینک به منظور درک واضح تر کاربرد این برنامه، مقدار
 MPN مربوط به ۶ نمونه آب که در توضیح کاربرد فرمول
 توماس ذکر گردید را از طریق جدول، فرمول توماس و برنامه

نمونه	جدول MPN	توماس	توزیع پواسون
۱	۱۱۰	۱۱۰	۱۰۸
۲	۵۹	۴۷	۵۹
۳	۱۸۰۰۰	۱۷۲۴۸	۱۶۹۵۹
۴	۱۴۰۰۰۰	۱۴۰۵۸۰	۱۴۰۵۷۰
۵	۹۵۰	۹۵۳	۱۱۱۲
۶	۳۵۰۰۰	۳۲۵۲۵	۳۲۵۹۵

REFERENCES

- 1- Clesceri, L., Greenberg, A.E., Trussella, R., "Standard Methods For Examination of Water & Wastewater", 17th Edition, 1989, USA, AWWA & WPCF & APHA .
- 2- Feresenius, W., Quentin, K.E., Schneider, W., "Water Analysis", 1988, Germany, Springer -Verlag.
- 3- Neter, G., Wasserman, W., Whitmore, G.A., "Applied Statistics", Third Edition, 1988, USA, Allyn & Bacon, Inc.
- 4- Perry, G., "C By Example", First Edition, 1992, USA, QUA Publisher.
- 5- Tchobanoglous, G., Schroder, E.D., "Water Quality Characteristics Modeling, Modification", 1987, Addison-Wesley Publication Company, USA, California.
- ۶- نشریه آب و فاضلاب شماره ۱۱ زمستان ۷۳ - مقاله "جدول داده های مربوط به محتمل ترین تعداد باکتری (MPN): ده لوله ای، سه رقتی"

```
float prob1,prob2;
float trail(float tomas_1,float i_step,int coeff)
{
  prob1=probmaker(tomas_1);
  tomas_2=tomas_1+(coeff*i_step);
  prob2=probmaker(tomas_2);
  while (prob2>prob1)
  {
    tomas_1=tomas_2;
    tomas_2=tomas_1+(coeff*i_step);
    prob1=prob2;
    prob2=probmaker(tomas_2);
  }
  return(tomas_1);
}
/* END OF FUNCTION TRAIL */
/* FUNCTION PROBMAKER */
float multi;
float probmaker(float landa)
{
  landa=landa/100.0;
  multi = 1.0;
  for( i = 0; i <= n_dilut - 1; ++i ) {
    multi *= d_proc( s_size[ i ], _pos[ i ], landa, n_tube ); /* function access */
  } /* for */
  return (multi);
}
/* END OF FUNCTION PROBMAKER */

/* FUNCTION D_PROC */
float _out;
float d_proc( float s, int p, float l, ipt n )
{
  if (exp(s * -1)==0 && n-p==0)
  { _out=1; }
  else
  { _out = pow( ( 1 - exp( s * -1 ) ), p ) *
    pow( exp( s * -1 ), n - p );}

  return(_out );
} /* d_proc */

/* END OF FUNCTION D_PROC */

/*-----END OF FUNCTIONS-----*/
```

/* END OF FUNCTION PROBMAKER */

```
/* FUNCTION D_PROC */
float _out;
float d_proc( float s, int p, float l, ipt n )
{
  if (exp(s * -1)==0 && n-p==0)
  { _out=1; }
  else
  { _out = pow( ( 1 - exp( s * -1 ) ), p ) *
    pow( exp( s * -1 ), n - p );}

  return(_out );
} /* d_proc */
```

/* END OF FUNCTION D_PROC */

/*-----END OF FUNCTIONS-----*/

SELECT YOUR CHOICE:
 A-Five (5) Tubes Are Used Per Each Dilution.
 B-Three (3) Tubes Are Used Per Each Dilution.
 C-Only Ten(10),10 mL Tubes Are Used.(NO DILUTION)
 D-Ten (10) Tubes Are Used Per Each Dilution.
 E-Optional No. Of Tubes Used Per Each Dilution.
 Please Enter The Choice:A
 Case A :
 Number of dilution?3
 Sample size in 1th dilution? 10
 Number of positive tube in 1th dilution?4
 Sample size in 2th dilution?1
 Number of positive tube in 2th dilution?3