

Predicting the endpoint of a manual pointing movement, aimed at a visible target

Citation for published version (APA):

van der Made, R. (1994). *Predicting the endpoint of a manual pointing movement, aimed at a visible target*. (IPO-Rapport; Vol. 966). Instituut voor Perceptie Onderzoek (IPO).

Document status and date:

Published: 18/03/1994

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of Record (includes final page, issue and volume numbers)

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

Rapport no. 966

Predicting the endpoint of a
manual pointing movement,
aimed at a visible target

R. van der Made

Table of Contents

	page
Samenvatting	1
Abstract	3
1. Introduction	5
2. Method	6
2.1 Apparatus	6
2.2 Subjects	6
2.3 Design	6
2.4 Procedure	7
2.5 Data processing	7
3. Results	9
3.1 Level of Practice	9
3.2 Fitts' law	11
3.3 Left- and right-handedness	12
3.4 The movement parameters and endpoint prediction	14
4. Discussion	19
5. References	21
Appendix A : Overview of the targets	22
Appendix B : Written instructions	23
Appendix C : The digital filters	24
Bijlage I : Demo-programma. Gebruikershandleiding en software-documentatie	25
Bijlage II : Analyse. Software-documentatie	33
Bijlage III : Dataformaten	37

Samenvatting

Een experiment was ontworpen en uitgevoerd om een representatieve set van één-dimensionale bewegingspatronen te verkrijgen, waarvan de 'targets' bekend zijn. Door de eigenschappen van deze patronen uitgebreid te analyseren, is geprobeerd het eindpunt van elke beweging zo snel mogelijk na het begin van die beweging te voorspellen.

De variabiliteit in alle geteste bewegingsparameters was erg groot. Er is aangetoond dat dit gedeeltelijk veroorzaakt wordt door de mate van geoefendheid van de proefpersonen. Ook het gebruik van zowel links- als rechtshandige proefpersonen kan een negatieve invloed gehad hebben.

Echter, voor de beoogde applicatie zijn het juist deze factoren die de set van bewegingspatronen representatief maken.

Voor zes bewegingsparameters is een voorspellende formule opgesteld aan de hand van de relatie die het gemiddelde van die parameter vertoonde met de afstand tot het 'target'.

Zelfs door de beste formule werd van nog minder dan een kwart van de 'trials' het eindpunt op het werkelijke 'target' voorspeld.

Abstract

An experiment was designed and performed to collect a representative set of one-dimensional movement patterns of which the target is known.

By analyzing the features of these patterns, it was tried to predict the endpoint of each movement as soon as possible after the beginning of that movement.

The variability in all the examined movement parameters was very large. It was shown that this variability was partly caused by the level of practice of the subjects. Using both lefthanded and righthanded subjects might also have had a negative effect.

However, for the intended application, these factors made the set of movement patterns representative.

For six movement patterns a predictive formula was composed from the relation that the mean of that parameter showed with the distance of the target.

Even with the formula that performed best, not even a quarter of the trials would have been predicted to end at the actual target.

Predicting the endpoint of a manual pointing movement, aimed at a visible target.

Rudi van der Made

Institute for Perception Research (IPO)

March 15, 1994

1. Introduction

When moving the hand towards a visible target, or using a pointing device to move a cursor towards a visible target, there are numerous factors found to cause variability in the movement patterns. The most important ones (see [Mad93]) are distance and width of the target (e.g. [Bro49], [Fit64], [Car80], [Mar90]), level of practice (e.g. [Beg72], [Geo81]), uncertainty about the target location ([Geo81]), magnitude of impact force ([Tea91]), and whether the subject tries to move fast or accurately (e.g. [Fis89], [Ell91]). All these factors can be more or less controlled for in an experimental set-up.

A more fundamental cause of variability is neuromotor noise. Taylor and Birmingham ([Tay48]) suggested that the process that generates the aimed movement in man selects a certain force program which is judged on the basis of past experience to best approximate the required force pattern and then starts the mechanism operating. Even if this is true, apparently neuromotor noise affects the movement in such a way that usually the primary submovement (see [Mey88]) doesn't terminate at exactly the aimed for point.

In our research project 'Tactile Feedback' the need arose to predict the endpoint of a pointing movement. In a two-dimensional movement both the angle of movement and the amplitude are important. I first want to concentrate on the amplitude, and therefore my goal is to predict the endpoint of a one-dimensional pointing movement as soon as possible after the movement started. Whether this can be done accurately mainly depends on the impact that neuromotor noise has on the first part of a movement. If that part is already disturbed intensively by neuromotor noise, then even if all other factors causing variability can be controlled for, it is still not possible to decode the information that contains the user's goal.

An experiment was designed and performed to collect a representative set of one-dimensional movement patterns of which the target is known. By analyzing the features of these patterns, I will try to predict the endpoint of each movement as soon as possible after the beginning of that movement.

2. Method

2.1 Apparatus

For allowing the subjects to move a cursor on a screen, a rotary dial was used. The rotary dial is a brass disk of 1 cm thick, with a diameter of 6 cm. The rim of the dial has a textured surface to increase grip. The dial is coupled to an optical rotation sensor (the Hewlett Packard HEDS-5000 high resolution incremental optical encoder kit), that has a resolution of 0.72 degrees. The output of the sensor is transferred to a counter-card in a PC, based on the LS7066 multimode counter. On the PC, a Philips P3202 (a 286), it was used in a program (written by the author in Borland TurboPascal) for moving the cursor on a horizontal axis on the middle of a Philips PRO3CM9809 VGA color screen and the movement pattern was sampled. A maximal sample frequency of 150 Hz was realized with this configuration. The resolution in the time domain was 1/3200 sec. The VGA monitor was used in the VGAMed mode in which 640x350 pixels are available on the screen of 246x188 mm². Each 'sensor-step' (0.72 degrees) resulted in a step of 2 screen-pixels. This results in a Control Display Ratio of 9.36 degrees/cm. The used colors are white (R=63, G=63, B=63) and red (R=50, G=0, B=0). The targets were all recognizable by a white outline. The width of a target is defined as the number of pixels that a horizontal line can have inside the outline of the target. The height of all targets is 99 pixels (the upper line at Y=125, the lower line at Y=225). The target to hit turned red within the outline. The cursor was a white filled circle with a radius of five pixels of which the five middle pixels (forming a '+') were removed. Two different buttons were used to be pressed manually. One is the spacebar of the computer's keyboard, the other is a large triangular push-pad (each side 15 cm.). Whether this pad is pushed or not was detected via an RTI-815 I/O-board.

2.2 Subjects

Subjects were 9 volunteers (5 male, 4 female), aged 18-32 years, from the Institute for Perception Research (IPO). 5 subjects were right-handed (3 male, 2 female), 4 subjects were left-handed (2 male, 2 female). All subjects had normal or corrected-to-normal vision. They had no apparent motor defects. None of the subjects had previous experience in using the rotary dial.

2.3 Design

Each of the 9 subjects participated in four 30-min sessions in two successive days: the first session in the morning of the first day, the second session in the afternoon of the first day, the third session in the morning of the second day, and the fourth session in the afternoon of the second day. Each session consisted of three blocks of trials, each with a specific Index of Difficulty (see [Fit64]). The three levels of distance/width were 2, 4 and 8. The six possible permutations of these three blocks (248, 284, 428, 482, 824, 842) were randomly distributed over the total 36 sessions (9x4) in such a way that each permutation appeared six times. In each block of trials there were 10 different possible targets (with approximately the same Index of Difficulty, see Appendix A) which had to be hit 15 times each. So each block lasted until the subject performed 150 trials correctly.

2.4 Procedure

To avoid the occurrence of rhythmic movements, each trial started with a pause of one to three seconds (randomly chosen in this interval), in which only the outlines of the ten possible targets were shown. Then a clear tone of 1320 Hz was started. This tone was maintained until the subject pressed the large button with his/her preferred hand. While doing so this hand could not be in contact with the rotary dial. The tone then stopped, the cursor appeared in the middle of the screen and one target turned red. The subject moved

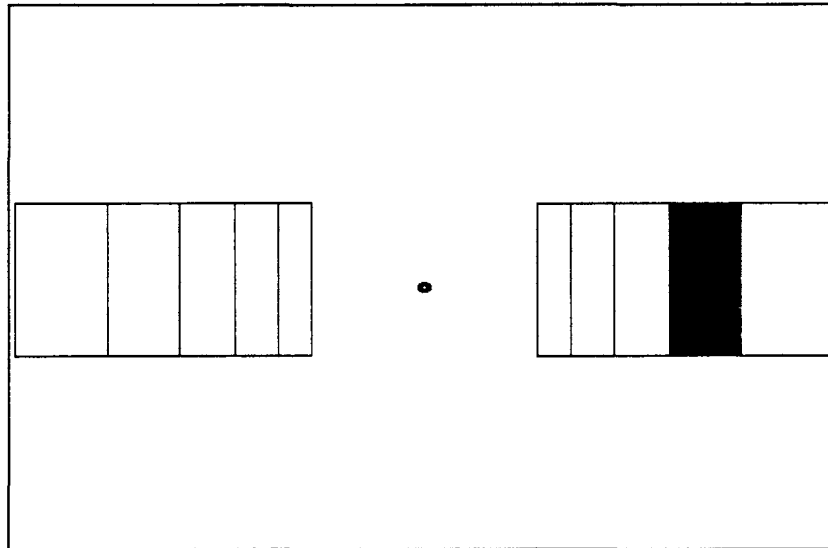


figure 2.4.1 : example of what the screen looks like immediately after the large button was pressed. The ten possible targets are numbered 1 to 10 from left to right, so this time target number 9 has to be hit.

the cursor to that target by turning the rotary dial with his/her preferred hand and pressed the spacebar with the other hand, thereby ending the trial. A trial was considered to be performed correctly if the cursor was on the target at the moment the spacebar was hit. Auditory feedback was given concerning the performance in the trial: three short beeps (resp. 440, 622 and 880 Hz) if the cursor ended at the target and one low beep (220 Hz) if it didn't. Subjects were not forbidden to take their hands from the dial during the movement, but there was no need for them to do so, since even moving the cursor to the border of the screen required a hand rotation of only 115 degrees.

Before the first session the subjects had to read a written instruction-form (see Appendix B), in which they were instructed to move as quickly as possible, but also try to make as little errors as possible. After reading the instructions they got three practice trials, so the intention of the experiment was clear to them before the first block was started.

2.5 Data processing

The sampled movement patterns were saved in ascii-files. Because of jitter and the fact that no samples were saved when no displacement was detected, the saved samples were distributed non-uniformly in the time domain. To be able to use certain digital filters later on, the movement patterns were first subsampled at a uniform sampling rate of 150 Hz

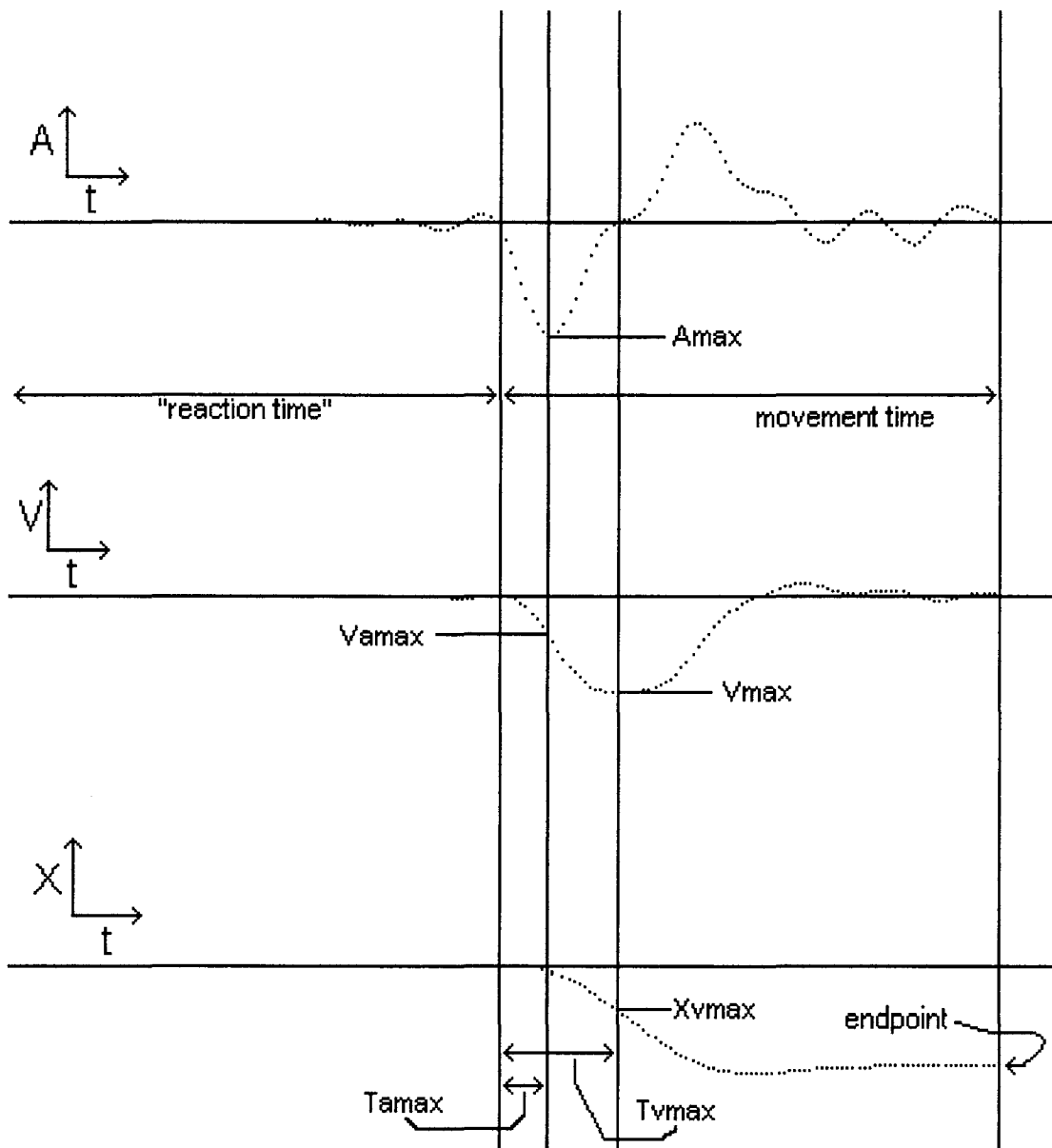


figure 2.5.1 : displacement-, velocity- and acceleration curves of one movement with the calculated parameters explicitly pointed out.

(see Appendix C.1). To get useful representations of the displacement-, velocity- and acceleration-curves of each trial, the uniformly subsampled records were smoothed and differentiated. First the displacement pattern was passed through a digital filter (NER, see Appendix C.2) with a 30 Hz low-pass cutoff. The filtered records were passed twice through a 30 Hz low-pass differentiating filter (NERD, see Appendix C.3), yielding derived records of velocity and acceleration versus time. The filtered position, velocity, and acceleration records were each smoothed further by passing them through a low-pass filter (NER) with a 10 Hz cutoff. In the rest of this report these last three patterns will be referred to as X, V, and A (resp. displacement, velocity, and acceleration versus time).

From these patterns a set of parameters is determined for each trial.

The distance and width of the target are known. The actual endpoint of the movement can easily be found : it's the value of X at the moment the spacebar was pressed. The total used time is the time between initializing the trial (pushing the large button) and ending the trial (pressing the spacebar). When the actual start of the movement is found, the total used time can be divided into the part before the movement starts ("reaction time") and the part in which the movement is being made ("movement time"). So first I had to find the actual start of a movement. I defined this as the time at which A had it's last zero-crossing before the first peak in A that exceeds $MaxA/2$ (in which $MaxA$ is the maximum in A in the interval from $t=0$ to the time at which the displacement exceeds 7.2 degrees). The zero-crossing is found by linear extrapolation from the $MaxA/2$ and $MaxA/4$ points. The actual start of the movement serves as a reference point for the algorithms to find more parameters. These parameters are :

- A_{max} : the first local peak in A since the start of the movement.
- T_{amax} : time (since the start of the movement) at A_{max} .
- V_{amax} : value of V at A_{max} .
- V_{max} : the first local peak in V since the start of the movement.
- T_{vmax} : time (since the start of the movement) at V_{max} .
- X_{vmax} : value of X at V_{max} .

In figure 2.5.1 an example is given of the X , V and A patterns of one movement. The calculated parameters are also visualized there.

3. Results

3.1 *Level of practice*

In discussing the results it will be important to know whether the subjects reach a certain stability in their performance. I would expect that, if a learning effect is noticeable, subjects will make less errors, use less time and make better use of the full target width with increasing level of practice.

As stated in 2.3 each block lasted until the subject performed 150 trials correctly. Since the subjects were told to move as quickly as possible, but also to try to make as little errors as possible, it is conceivable that errors have been made. Counting the number of errors per block can give us some insight in the level of practice of the subjects. In figure 3.1.1 the total number of errors summed over all subjects has been plotted for each block (each level of D/W represents one of the three blocks per session).

Knowing now that the number of errors made is still decreasing in the fourth session, it is interesting to see whether the performance in the correct trials is stabilized. A good measure for performance in this experiment is movement time. As defined in 2.5 movement time is the time between the actual start of a movement and the end of the trial (the moment the spacebar is pressed). Two of the subjects showed a considerable decrease in the average movement times between the first block of their first session and the blocks with the same D/W in the other sessions. However in the movement times of the other 7 subjects this effect is not noticeable. In the overall picture (see figure 3.1.2) we can see that a learning effect is noticeable, although it only amounts 30 à 40 msec. over the 1800 trials per subject.

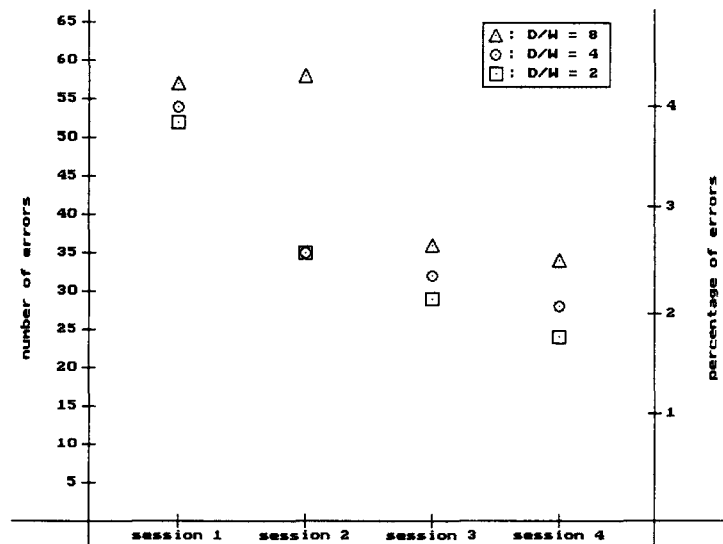


figure 3.1.1 : total number of errors summed over all subjects for each session for the different levels of D/W.

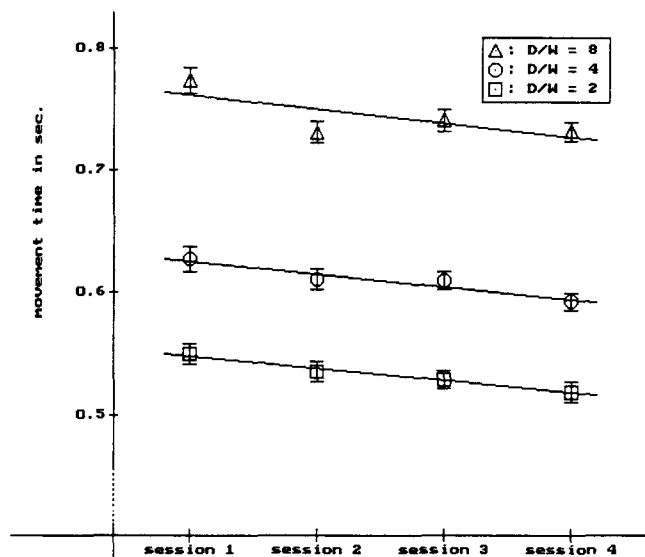


figure 3.1.2 : mean movement times for all subjects in all blocks, with the 95% confidence intervals and the regression lines per level of D/W.

Another interesting variable to check the level of practice of the subjects is the subjective target width. In most of the literature the term “effective target width” is used (e.g. [Wel68], [Mac92]), but I prefer the term “subjective target width“, introduced by [Mey88]. It will tell us to what amount the subjects used the freedom that the target width gave them. For calculating the subjective target width, the standard deviation of the endpoint of all trials (including the errors) has to be multiplied by 4.133 (see 3.4 of [Mac92]), so that (assuming a normal distribution) 96% of the trials would end between the ‘subjective borders’. In figure 3.1.3 the ratio of subjective width and actual width of a target is plotted as function of practice. One can see that the subjects did certainly not

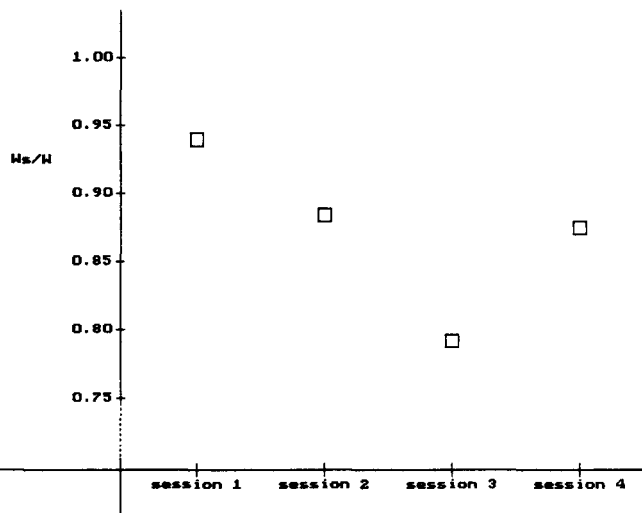


figure 3.1.3 : W_s/W averaged over all trials of all subjects in every condition, plotted as a function of practice.

consistently make better use of the full target width with increasing level of practice. It can well be true that until the third session subjects mainly tried to decrease movement time and the number of errors they made. Due to that, the subjective target width decreased. In the fourth session they succeeded in making better use of the target width, still decreasing the movement time and number of errors, as showed in figures 3.1.1 and 3.1.2.

Overall we may conclude that there appears to be a learning effect, which must be bared in mind when discussing the results, but it is no reason for me to exclude any data from further analysis.

3.2 Fitts' law

According to Fitts' law ([Fit64]), the mean movement time (MMT) it takes to move to and select a target of width W of which the centre lies at distance D is

$$MMT = a + b \cdot {}^2\log\left(\frac{2D}{W}\right) \quad (1)$$

where a and b are constants determined through linear regression. The log term is defined as the index of difficulty (ID).

In figure 3.2.1 the mean movement times over all sessions of all subjects are plotted as a function of ID, where movements to different targets were grouped if the targets had the same ID (the same D/W). The regression line is given by the equation

$$MMT = 0.313 + 0.105 \cdot {}^2\log\left(\frac{2D}{W}\right) \quad (2)$$

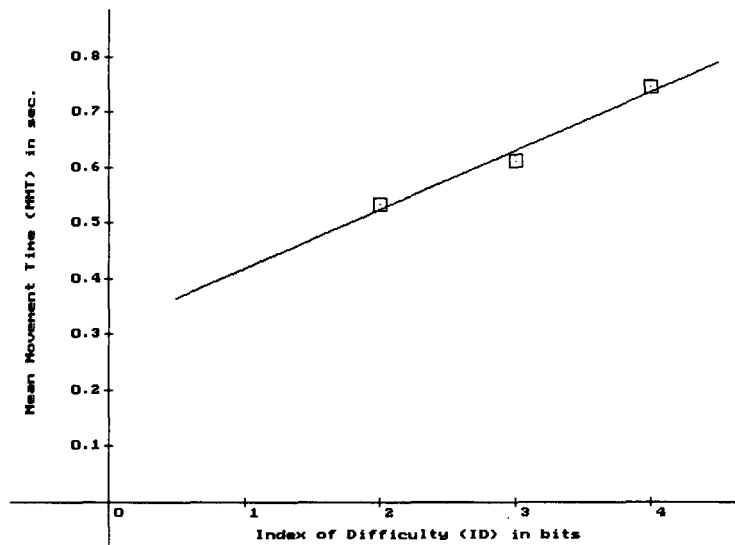


figure 3.2.1 : mean movement time versus index of difficulty ($^2\log(2D/W)$) for all sessions of all subjects.

3.3 Left- and right-handedness

Since both left-handed and right-handed subjects were used, it is necessary to look at possible differences between the performance of left- and right-handed subjects, before considering the total group of subjects as being representative for 'the user of a pointing device'.

Every subject made the movements with his/her preferred hand. I would expect that, if differences between left- and right-handed are noticeable, they will (for the greater part) disappear if we compare the clockwise movements of left-handed subjects to the counter-clockwise movements of right-handed subjects and vice versa.

The intercept (a) and slope (b) of the Fitts' law regression lines for the left- and right-handed groups of subjects for movements in each direction are given in table 1.

handedness of the subjects	direction of the movements	a in sec.	b in sec/bit
left	left	0.293	0.097
left	right	0.259	0.111
right	left	0.358	0.101
right	right	0.326	0.112

Table 1 : intercept (a) and slope (b) of the Fitts' law regression lines as a function of handedness and movement direction.

It appears that for both the left-handed and the right-handed subjects the slope of the regression line increases for movements to the right. On the other hand the intercept decreases, resulting in no significant difference in movement time between movements to the left and movements to the right in the tested range of index of difficulty.

A clear difference is noticeable, however, when comparing the mean movement times of the left-handed subjects to those of the right-handed subjects (see figure 3.3.1). It shows

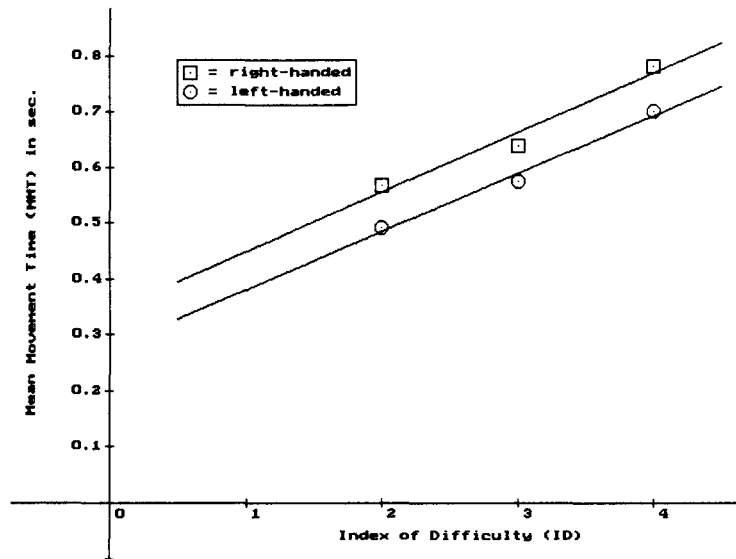


figure 3.3.1 : mean movement time versus index of difficulty (${}^2\log(2D/W)$) for all sessions of all left-handed and of all right-handed subjects.

that left-handed subjects used less movement time. The Fitts' law regression lines are given by :

$$MMT = 0.276 + 0.104 \cdot {}^2\log\left(\frac{2D}{W}\right) \tag{3}$$

for **left**-handed subjects and

$$MMT = 0.342 + 0.107 \cdot {}^2\log\left(\frac{2D}{W}\right) \tag{4}$$

for **right**-handed subjects.

The slope shows no significant difference, but the intercept (which in this case can be regarded as a measure for the time needed to notice that the cursor has ended at the target and to press the spacebar with the non-preferred hand) is 66 msec. higher for right-handed subjects.

Overall we may conclude that there is a difference in performance between left- and right-handed subjects. This difference can certainly not be compensated for by mirroring the movements of one group. Since the difference mainly affects the intercept of the Fitts' law regression lines, we may assume that the differences in the actual movement part are less significant. Therefore in 3.4 no distinction is made between left- and right-handedness, nor between clockwise or counter-clockwise movements.

3.4 The movement parameters and endpoint prediction

To gain insight in the predictive value of the extracted movement parameters, in this paragraph we will have a look at the relationship between the distance to a target and the mean value of each parameter. To not get lost in a maze of minor differences and dependencies, the parameters are averaged over all correct trials of all sessions of all subjects per two targets (for each target at the right side of the screen there is an identical target on the left side of the screen).

The movement parameters extracted for predicting the endpoint are :

- Amax : the first local peak in A since the start of the movement.
- Tamax : time (since the start of the movement) at Amax.
- Vamax : value of V at Amax.
- Vmax : the first local peak in V since the start of the movement.
- Tvmax : time (since the start of the movement) at Vmax.
- Xvmax : value of X at Vmax.

To check the relation of these parameters with the distance (D) to the center of the target, they each have been plotted versus D, $^{10}\text{Log}(D)$, \sqrt{D} and $\sqrt[3]{D}$. Per parameter the plot that showed the best fit with the regression line has been chosen to serve as guideline for the prediction of the endpoint of the movement.

In figure 3.4.1 Amax is plotted as a function of the distance (D) to the target. The resulting

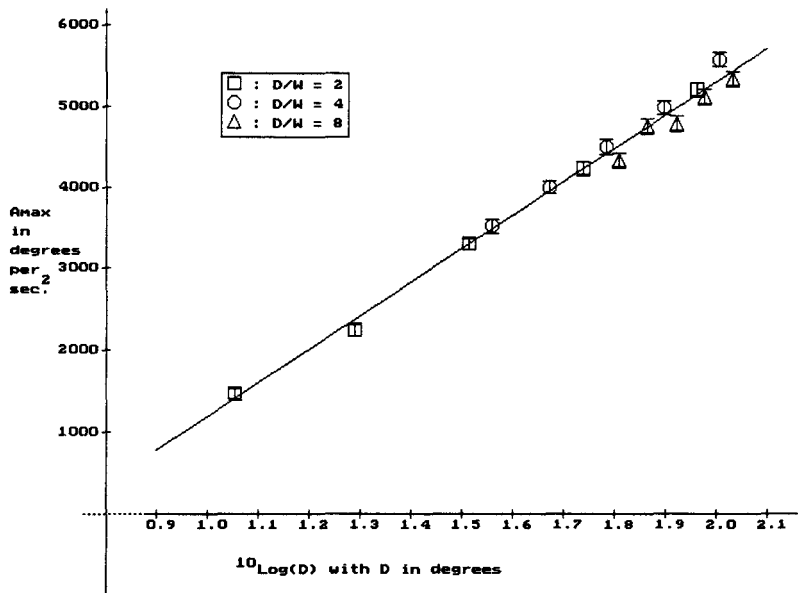


figure 3.4.1 : Amax (in $^{\circ}/\text{sec}^2$) versus the ^{10}Log of the distance (D in $^{\circ}$) to the target, with the 95% confidence intervals and the regression line.

predictive function of Amax, given by the regression line, is

$$D = 10^{\left(\frac{Amax + 2903}{4095}\right)} \tag{5}$$

with Amax in $^{\circ}/\text{sec}^2$ and D in $^{\circ}$.

In figure 3.4.2 Tamax is plotted as a function of D. The resulting predictive function of

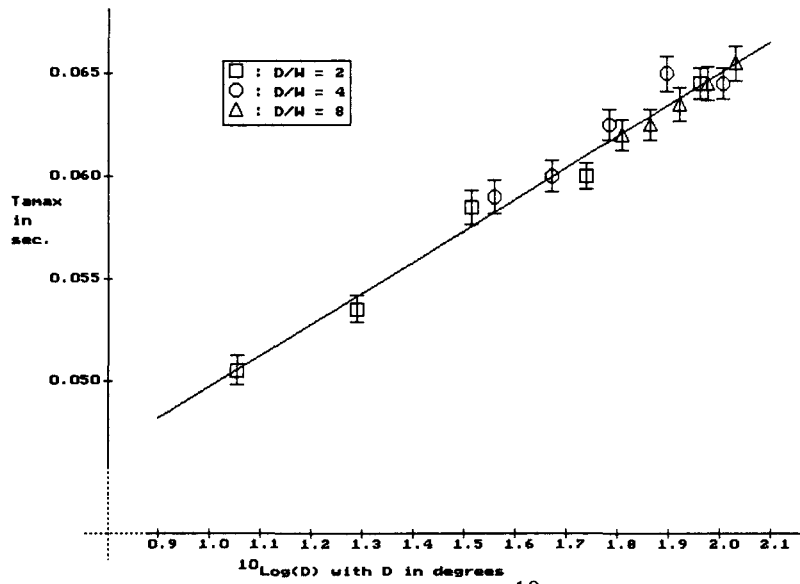


figure 3.4.2 : Tamax (in sec.) versus the 10Log of the distance (D in $^\circ$) to the target, with the 95% confidence intervals and the regression line.

Tamax, given by the regression line, is

$$D = 10^{\left(\frac{Tamax - 0.03435}{0.01532}\right)} \tag{6}$$

with Tamax in sec. and D in $^\circ$.

In figure 3.4.3 Vamax is plotted as a function of D. The resulting predictive function of Vamax, given by the regression line, is

$$D = \left(\frac{Vamax + 34.67}{21.88}\right)^2 \tag{7}$$

with Vamax in $^\circ/\text{sec.}$ and D in $^\circ$.

In figure 3.4.4 Vmax is plotted as a function of D. The resulting predictive function of Vmax, given by the regression line, is

$$D = \left(\frac{Vmax + 90.98}{53.63}\right)^2 \tag{8}$$

with Vmax in $^\circ/\text{sec.}$ and D in $^\circ$.

In figure 3.4.5 Tvmax is plotted as a function of D. The resulting predictive function of Tvmax, given by the regression line, is

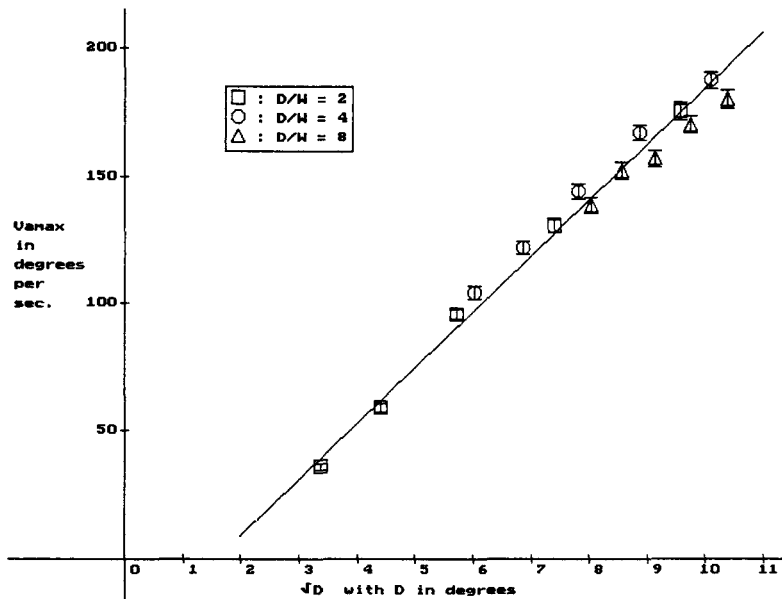


figure 3.4.3 : Vmax (in °/sec.) versus the square root of the distance (D in °) to the target, with the 95% confidence intervals and the regression line.

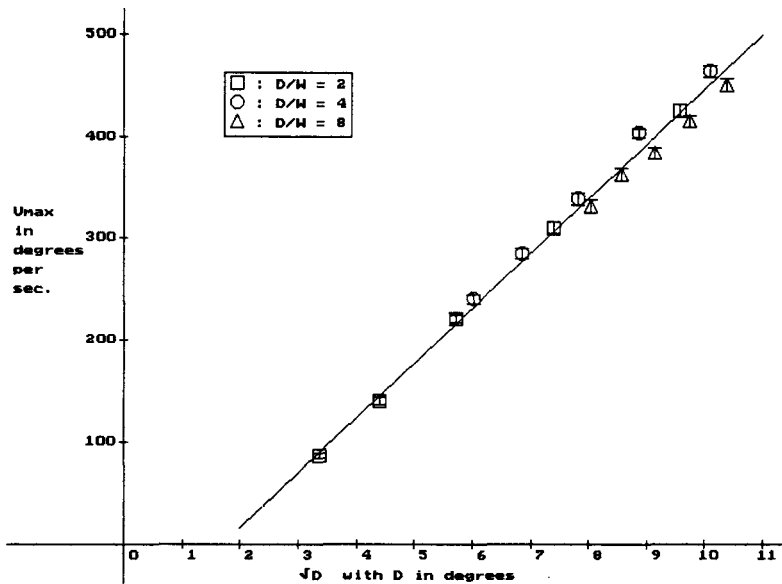


figure 3.4.4 : Vmax (in °/sec.) versus the square root of the distance (D in °) to the target, with the 95% confidence intervals and the regression line.

$$D = \left(\frac{T_{vmax} - 0.0785}{0.00747} \right)^2 \quad (9)$$

with Tvmax in sec. and D in °.

In figure 3.4.6 Xvmax is plotted as a function of D. The resulting predictive function of Xvmax, given by the regression line, is

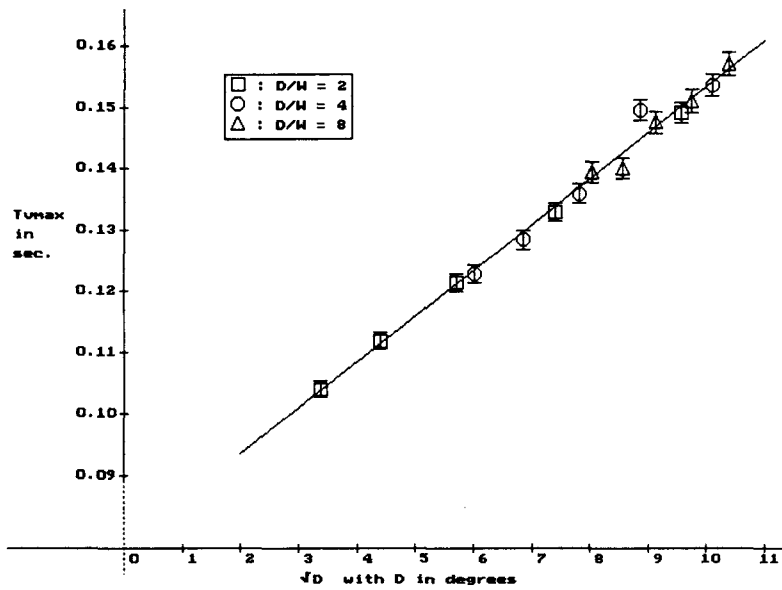


figure 3.4.5 : T_{vmax} (in sec.) versus the square root of the distance (D in $^{\circ}$) to the target, with the 95% confidence intervals and the regression line.

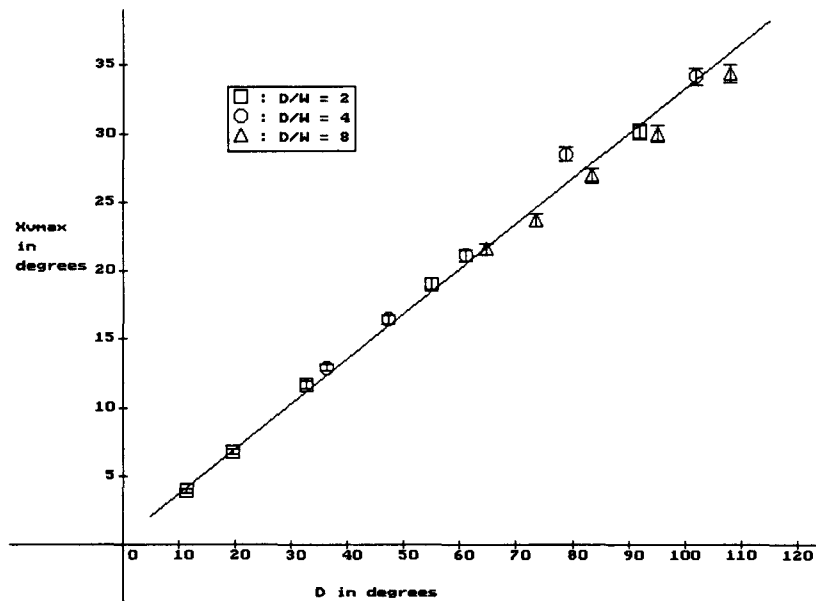


figure 3.4.6 : X_{vmax} (in $^{\circ}$) versus the distance (D in $^{\circ}$) to the target, with the 95% confidence intervals and the regression line.

$$D = \frac{X_{vmax} - 0.4644}{0.3288} \tag{10}$$

with X_{vmax} in $^{\circ}$ and D in $^{\circ}$.

For each predictive formula, from 5 up to 10, I have checked the percentage of individual trials of which the endpoint would indeed have been predicted to be between the borders of the target. In table 2 an overview of these percentages is given. For the formula with

formula	parameter	% correct
5	Amax	11.7
6	Tamax	6.0
7	Vamax	16.4
8	Vmax	19.9
9	Tvmax	6.4
10	Xvmax	22.8

Table 2 : percentage of correctly predicted trials

Tamax the sign of Amax is used for determining the direction of movement. For the formula with Tvmax the sign of Vmax is used for determining the direction of movement.

In table 3 these results are shown per level of D/W.

formula	parameter	% correct		
		D/W=2	D/W=4	D/W=8
(5)	Amax	22.1	8.6	4.4
(6)	Tamax	8.8	6.4	2.7
(7)	Vamax	27.1	15.2	7.0
(8)	Vmax	34.5	18.1	7.0
(9)	Tvmax	10.0	5.9	3.2
(10)	Xvmax	36.9	21.7	9.9

Table 3 : percentage of correctly predicted trials per level of D/W

In table 4, 5 and 6 these results are shown per target.

formula	parameter	% correct, D/W=2, target number =									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(5)	Amax	15.7	18.7	20.2	25.0	30.7	33.0	21.1	18.3	19.8	18.3
(6)	Tamax	15.7	0.0	14.6	0.0	15.2	12.6	0.0	16.1	0.0	13.9
(7)	Vamax	23.0	29.6	27.8	24.6	28.1	27.8	23.0	31.3	29.4	25.9
(8)	Vmax	35.9	34.6	34.3	32.0	33.7	37.8	29.4	32.4	36.7	38.3
(9)	Tvmax	11.7	7.8	11.3	11.5	7.6	7.0	11.1	9.3	9.4	13.7
(10)	Xvmax	35.0	38.0	39.6	36.9	30.9	26.9	31.7	38.0	44.3	47.6

Table 4 : percentage of correctly predicted trials per target of D/W=2

formula	parameter	% correct, D/W=4, target number =									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(5)	Amax	9.4	6.5	7.4	9.3	8.9	8.9	8.3	7.8	12.0	7.4
(6)	Tamax	14.6	0.0	0.0	0.0	16.9	14.8	0.0	0.0	0.0	18.0
(7)	Vamax	14.4	13.5	15.4	17.4	18.9	14.1	12.4	15.0	16.5	14.3
(8)	Vmax	16.7	18.3	17.0	18.7	17.8	15.9	16.3	19.4	20.2	20.8
(9)	Tvmax	5.0	11.3	4.8	5.6	5.4	6.9	3.9	3.3	8.5	4.1
(10)	Xvmax	19.6	17.4	21.5	23.0	25.4	20.2	25.0	19.1	24.4	21.3

Table 5 : percentage of correctly predicted trials per target of D/W=4

formula	parameter	% correct, D/W=8, target number =									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(5)	Amax	4.3	4.6	4.6	4.3	5.4	3.9	5.0	4.3	4.3	3.5
(6)	Tamax	0.0	13.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.4	0.0
(7)	Vamax	4.3	5.9	5.0	6.5	7.0	8.5	8.7	6.7	8.5	8.7
(8)	Vmax	7.0	5.0	5.6	6.7	7.8	6.5	6.7	8.7	8.0	7.8
(9)	Tvmax	0.0	4.6	3.9	3.5	4.1	3.5	4.3	4.6	3.3	0.0
(10)	Xvmax	9.6	6.3	10.6	8.3	10.2	12.8	9.8	10.4	11.5	10.0

Table 6 : percentage of correctly predicted trials per target of D/W=8

4. Discussion

The primary purpose of this study was to extract some information about the goal of a movement from the first part of the movement pattern. I did not choose the approach of trying to model the process that generates the aimed movements in man (e.g. [Cro63], [Mey88]). If information about the endpoint of a movement is captured in the first part, it must be coded in the movement pattern.

The movement parameters were chosen in the very first part of the movement, because of the intended application (facilitating the pointing movement with force feedback will not have a great impact on performance if it only appears in the very last part of the movement).

The main experimental variable influencing the movement patterns within a block of trials was the distance to the target (D). The influence of the index of difficulty (ID) must appear when comparing the different blocks.

It can be seen in figures 3.4.1 up to 3.4.6 that the influence of the ID (the difference between the different blocks) is very small and for most of the parameters not consistent. I find this very strange, because I had expected subjects to start their movements more carefully to targets with a higher ID.

The insignificance of the dependency of the parameters on the level of D/W was reason for me to calculate only one regression line per parameter. This resulted in the 6 predictive

formulas (5 up to 10). Table 2 showed that none of these formulas has a reliable predictive value, since even with the best formula less than a quarter of all trials would have been predicted to end at the actual target. This disappointing result can be explained by the large variance for all the parameters, between subjects as well as within subjects. My search for a combination of different parameters, that showed less variance, but still showed a dependency on D, did not succeed. Perhaps a more structured search can be performed with a statistical method.

The extremely low percentages of correct predictions for the formulas with Tamax and Tvmax can be explained when looking closer at tables 4, 5 and 6. There we see (especially for Tamax) that for many targets 0.0 % of the trials is predicted to be at that target. This is due to the low resolution (150 Hz) in the time domain. For example: if Amax is found to occur one sample later, the D predicted by formula 6 is multiplied with 2.7. Therefore Tamax and Tvmax are totally useless as predictive parameters.

In table 3 we can see that all formulas perform worse for higher index of difficulty. This can simply be explained by the fact that for lower ID's the targets are relatively wider. A larger variance in the parameters is therefore accepted. The fact that the percentages for D/W=4 are higher than the half of those for D/W=2 for most of the formulas can be explained by the expectation that the 'D/W=4'-targets will benefit most of calculating only one regression line for three levels of D/W.

In general we can see from table 2 that a better prediction can be done from the parameters at the 'Vmax'-point than from the parameters at the 'Amax'-point. I would explain this by saying that the calculation of the 'Vmax'-parameters is more reliable than that of the 'Amax'-parameters, rather than trying to find a physical explanation.

I think that the disappointing results are partly caused by the assumptions made in 3.1 and 3.3, that the effects found there could be neglected. Increasing the level of practice intensively will probably result in a decrease of the variance. The differences between left- and right-handed subjects and between clockwise and counter-clockwise movements can also be used to come to a better prediction.

I think that repeating this experiment with only one subject, which is given extensive practice, and separately analyzing his/her clockwise and counter-clockwise movements, will give a better insight in the maximal predictability of the amplitude of a pointing movement. However the usefulness of such an experiment for the primary goal of this study would not be very large. Users perform differently and usually do not have a high level of practice.

Defining a force feedback pattern and using formula 8 or 10 to apply it, would be more interesting, I think. I am very curious whether subjects would adapt their strategy and learn to use the force feedback.

And in two-dimensional pointing tasks we also have the angle of movement as a possible predictor, of course.

5. References

- [Beg72] Beggs, W.D.A. and Howarth, C.I. (1972). The movement of the hand towards a target. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 24 : 448 - 453.
- [Bro49] Brown, J.S. and Slater-Hammel, A.T. (1949). Discrete movements in the horizontal plane as a function of their length and direction. *Journal of Experimental Psychology*, 39 : 84 - 95.
- [Car80] Carlton, L.G. (1980). Movement control characteristics of aiming responses. *Ergonomics*, 23 : 1019 - 1032.
- [Cro63] Crossman, E.R.F.W. and Goodeve, P.J. (1963). Feedback control of hand movement and Fitts' Law. Paper presented at the meeting of the Experimental Psychology Society, Oxford, July 1963. Published in: *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1983, 35A : 251 - 278.
- [Ell91] Elliott, D., Carson, R.G., Goodman, D. and Chua, R. (1991). Discrete vs. continuous control of manual aiming. *Human Movement Science*, 10 : 393 - 418.
- [Fis89] Fisk, J.D. and Goodale, M.A. (1989). The effects of instructions to subjects on the programming of visually directed reaching movements. *Journal of Motor Behavior*, 21 : 5 - 19.
- [Fit64] Fitts, P.M. and Peterson, J.R. (1964). Information capacity of discrete motor responses. *Journal of Experimental Psychology*, 67 : 103 - 112.
- [Geo81] Georgopoulos, A.P., Kalaska, J.F. and Massey, J.T. (1981). Spatial trajectories and reaction times of aimed movements: effects of practice, uncertainty, and change in target location. *Journal of Neurophysiology*, 46 : 725 - 743.
- [Kai77] Kaiser, J.F. and Reed, W.A. (1977). Data smoothing using low-pass digital filters. *Review of Scientific Instruments*, 48 : 1447 - 1457.
- [Mac92] MacKenzie, I.S. (1992). Fitts' law as a research and design tool in human-computer interaction. *Human-Computer Interaction*, 7 : 91 - 139.
- [Mad93] van der Made, R. (1993). The temporal trajectories of discrete manual movements, aimed at a visual target. A literature study. IPO-rapport no. 922.
- [Mar90] Marteniuk, R.G., Leavitt, J.L. MacKenzie, C.L. and Athenes, S. (1990). Functional relationships between grasp and transport components in a prehension task. *Human Movement Science*, 9 : 149 - 176.
- [Mey88] Meyer, D.W., Abrams, R.A., Kornblum, S., Wright, C.E. and Smith, J.E.K. (1988). Optimality in human motor performance: Ideal control of rapid aimed movements. *Psychological Review*, 95 : 340 - 370.
- [Tay48] Taylor, F.V. and Birmingham, H.P. (1948). Studies of tracking behavior, II. The acceleration pattern of quick manual corrective responses. *Journal of Experimental Psychology*, 38 : 783 - 795.
- [Tea91] Teasdale, N. and Schmidt, R.A. (1991). Deceleration requirements and the control of pointing movements. *Journal of Motor Behavior*, 23 : 131 - 138.
- [Wel68] Welford, A.T. (1968). *Fundamentals of skill*. London: Methuen.

Appendix A : Overview of the targets

Target number	D/W = 2		D/W = 4		D/W = 8	
	left	right	left	right	left	right
1	0	128	0	72	0	38
2	128	205	72	128	38	72
3	205	251	128	171	72	102
4	251	279	171	205	102	128
5	279	296	205	231	128	151
6	342	359	407	433	487	510
7	359	387	433	467	510	536
8	387	433	467	510	536	566
9	433	510	510	566	566	600
10	510	638	566	638	600	638

TABLE 7. Target borders in screenpixels.

In table 7 the borders of the 30 targets (10 for each of the three levels of D/W) are given in screen-pixels. The initial cursor position is at 319. In table 8 and 9 the same borders are

Target number	D/W = 2		D/W = 4		D/W = 8	
	left	right	left	right	left	right
1	-159.5	-95.5	-159.5	-123.5	-159.5	-140.5
2	-95.5	-57	-123.5	-95.5	-140.5	-123.5
3	-57	-34	-95.5	-74	-123.5	-108.5
4	-34	-20	-74	-57	-108.5	-95.5
5	-20	-11.5	-57	-44	-95.5	-84
6	11.5	20	44	57	84	95.5
7	20	34	57	74	95.5	108.5
8	34	57	74	95.5	108.5	123.5
9	57	95.5	95.5	123.5	123.5	140.5
10	95.5	159.5	123.5	159.5	140.5	159.5

TABLE 8. Target borders in sensorsteps.

Target number	D/W = 2		D/W = 4		D/W = 8	
	left	right	left	right	left	right
1	-114.8	-68.8	-114.8	-88.9	-114.8	-101.2
2	-68.8	-41.0	-88.9	-68.8	-101.2	-88.9
3	-41.0	-24.5	-68.8	-53.3	-88.9	-78.1
4	-24.5	-14.4	-53.3	-41.0	-78.1	-68.8
5	-14.4	-8.3	-41.0	-31.7	-68.8	-60.5
6	8.3	14.4	31.7	41.0	60.5	68.8
7	14.4	24.5	41.0	53.3	68.8	78.1
8	24.5	41.0	53.3	68.8	78.1	88.9
9	41.0	68.8	68.8	88.9	88.9	101.2
10	68.8	114.8	88.9	114.8	101.2	114.8

TABLE 9. Target borders in degrees.

given in sensorsteps resp. degrees. The initial position is assigned zero, counterclockwise rotations result in negative sensorsteps and degrees and clockwise rotations result in positive sensorsteps and degrees.

Appendix B : Written instructions

Dear subject,

You are about to start with the first session of this experiment. To begin with: thank you very much for your participation. As you are probably already told, this experiment consists of four sessions, each of which will take about 30 to 45 minutes, dependent on your own performance in this experiment. The first session is now, the second will be this afternoon, the third tomorrow morning and the fourth tomorrow afternoon. Each session consists of three blocks with two breaks of several minutes between them. Each block consists of 150 trials. On the table in front of you, you can see a screen, a keyboard, a (triangular) push-pad and a (brass) rotary dial. On the screen the white outlines of ten targets will appear. These will be visible during the entire block. Each trial starts with a pause of 1 to 3 seconds. Then a tone will be audible. During this tone you must convince yourself of being sufficiently concentrated for executing the task. If so, you push the push-pad with your preferred hand. This will end the tone, the cursor appears in the middle of the screen, and one of the targets turns red. You then move the cursor along the horizontal axis to that target by turning the rotary dial with your preferred hand. When the cursor is at the target, you end the trial by pushing the spacebar with your other hand. Perform the pointing task as quickly as possible, but also try to make as little errors as possible. You get auditory feedback about your performance in each trial: a happy beep if the cursor indeed ended at the target and a sad beep if you didn't succeed in achieving that. Then the next trial starts. A block ends when 150 trials are completed successfully. At this first session you get three practice trials before the first block.

Appendix C : The digital filters

C.1 Uniform sub-sampling

The raw data of the movement patterns consisted of two parameters for each sample: time and displacement. The non-uniformity in the time domain was caused by jitter and by the fact that no sampling was performed when no displacement was detected. Uniform sub-sampling was performed as follows: The exact time at the next sample of the uniformly sampled representation was calculated. Then in the non-uniform representation the last sample before that time ($\text{Sample}_{\text{prev}}$) and the first sample after that time ($\text{Sample}_{\text{next}}$) were found. If the relative displacement between those two samples is only one sensor-step or if the time between those two samples is larger than 10 msec, then for the displacement at this sample of the uniform representation the displacement at $\text{Sample}_{\text{prev}}$ is taken. Otherwise a straight line is drawn between $\text{Sample}_{\text{prev}}$ and $\text{Sample}_{\text{next}}$ and the new sample is assumed to be on that line.

C.2 Low-pass filter (NER)

See [Kai77]. When I wanted a cutoff frequency of k Hz, I used (because of a sampling frequency of 150 Hz) :

$$\beta = k/75$$

$$\delta = \beta/5$$

$$\varepsilon = 0.01$$

C.3 Differentiating filter (NERD)

See [Kai77]. When I wanted a cutoff frequency of k Hz, I used (because of a sampling frequency of 150 Hz) :

$$\beta = k/75$$

$$\delta = \beta/5$$

$$\varepsilon = 0.01$$

Bijlage I

**Demo-programma voor de één-
dimensionale draaiknop met kracht
terugkoppeling (incl. experiment).
Gebruikershandleiding en software-
documentatie.**

Rudi van der Made
Instituut voor Perceptie Onderzoek (IPO)
15 maart 1994

Inhoudsopgave

1. Inleiding	27
2. Gebruikershandleiding	27
2.1 Opstarten	27
2.2 Enkele begrippen	27
2.3 Algemeen	28
2.4 De menu's	28
2.5 Het experiment	29
3. Software-documentatie	30
3.1 Programma-structuur	30
3.2 Tips voor toevoegingen / wijzigingen	31
4. Verwijzingen	32

1. Inleiding

Dit rapport bevat de gebruikershandleiding en software-documentatie van het demo-programma (MENU1D2D.EXE) voor de één-dimensionale draaiknop met kracht terugkoppeling. Dit programma is geschreven door Rudi van der Made (tevens de auteur van dit rapport), die van 1 februari 1993 tot 28 januari 1994 zijn vervangende dienstplicht heeft vervuld op het IPO. MENU1D2D.EXE is een menu-applicatie die te bedienen is met de draaiknop en de spatiebalk en van waaruit o.a. de radio-demo (zie ook [Old92]) en het experiment (beschreven in [Mad94]) zijn op te starten. Hoofdstuk 2 is de gebruikershandleiding en hoofdstuk 3 bevat de software-documentatie.

2. Gebruikershandleiding

2.1 Opstarten

Voor de juiste grafische werking van MENU1D2D.EXE, dient een PC met een VGA-monitor gebruikt te worden, met in de directory C:\BP\BGI het Borland Graphics Interface bestand EGAVGA.BGI en de lettertype-bestanden (*.CHR). Voor de communicatie met de RTI815-kaart dient zich in de directory van waaruit MENU1D2D.EXE wordt aangeroepen het bestand CONFIGB.DAT te bevinden, dat eventueel gemaakt of aangepast kan worden met ADICONF.EXE dat zich in C:\ANALOGDV bevindt.

Voor het wegschrijven van de data van het experiment, dient de directory C:\TEMP te bestaan.

2.2 Enkele begrippen

In deze paragraaf worden enkele begrippen geïntroduceerd die in deze handleiding vaak gebruikt zullen worden :

- draaiknop* : het op het IPO ontwikkelde één-dimensionale pointing device met kracht terugkoppeling, samengesteld uit een messing schijf, een optische sensor en een motor.
- spatiebalk* : de spatiebalk van de PC waarop de draaiknop is aangesloten en MENU1D2D.EXE draait.
- menu-balk* : de balk die zich in het hoofdscherm van MENU1D2D.EXE boven in beeld bevindt, met daarop de verschillende menu-headers.
- menu-header* : de korte tekst op de menu-balk die aangeeft welk menu zich hieronder bevindt.
- menu* : het overzicht van items dat zich toont wanneer een menu-header wordt aangeklikt.
- item* : een optie in het menu, aangegeven door een korte tekst op het menu.

2.3 Algemeen

De cursor kan altijd verplaatst worden in de richting die op dat moment nodig is en de activeringsknop is altijd de spatiebalk, tenzij expliciet anders vermeld in deze handleiding. Wanneer een menu is geselecteerd, maar men wil geen van de items daarop kiezen, dient de cursor buiten het menu geplaatst te worden en de spatiebalk te worden ingedrukt.

Onder enkele menu-headers bevindt zich geen menu, maar wordt direct een programma-onderdeel opgestart.

2.4 De menu's

Deze paragraaf beschrijft wat er gebeurt wanneer één van de menu-headers wordt aangeklikt :

- Info* : Er verschijnt geen menu, maar een tekst midden op het beeldscherm, die zeer summiere informatie geeft over deze demo. Men kan terugkeren naar de menu-balk door op de spatiebalk te drukken.
- FFb* : Deze afkorting staat voor Force Feedback (kracht terugkoppeling). Er verschijnt een menu met 2 items : 'FFb On/Off' en 'FFb Intensity'.
FFb On/Off : Zet direct de kracht terugkoppeling aan of uit (afhankelijk van de huidige stand), laat dit zien in een blokje links onder in het scherm en keert terug naar de menu-balk.
FFb Intensity : Geeft de gebruiker de mogelijkheid om de intensiteit van de kracht terugkoppeling m.b.v. de draaiknop in te stellen. Een cursor loopt mee langs de onderkant van de balk die de intensiteit visualiseert. Als de kracht terugkoppeling aan staat (FFb On) is de maximale kracht bij deze intensiteit direct voelbaar. Als de gewenste intensiteit bereikt is, dient de spatiebalk te worden ingedrukt om terug te keren naar de menu-balk.
- Radio* : Onder dit menu is de radio demo verwerkt in deze menu-applicatie. De items zijn :
Start : Start de radio demo zoals gedocumenteerd in [Old92].
Toevoeging : de radio-demo kan nu ook worden verlaten door i.p.v. één van de drie knoppen te selecteren het handje buiten de radio te draaien en op de spatiebalk te drukken. Het geluid van de radio blijft dan hoorbaar, omdat het volume niet op nul is gezet.
Mute : Zet het volume van de radio op nul of terug op het oude volume (afhankelijk van de huidige instelling).
Define Presets : Zoekt de heldere zenders en bewaart de informatie daarover in STATIONS.DAT. Soortgelijk aan SETSTAT.EXE uit [Old92].
- Track* : Onder dit menu is het experiment (zie [Mad94]) verwerkt in deze

menu-applicatie. De items zijn :

Subject Number : Hiermee is het subject nummer instelbaar (0..99). Default is 1. 'Return' resulteert in verandering van het subject nummer en terugkeer naar de menu-balk.

Session Number : Hiermee is het sessie nummer instelbaar. Default is 1. 'Return' resulteert in verandering van het sessie nummer en terugkeer naar de menu-balk.

Index of Difficulty : Hiermee is de waarde van D/W instelbaar. Default is 2. 'Return' resulteert in verandering van D/W en terugkeer naar de menu-balk.

Practice : Voert één blok van het experiment uit met de huidige instellingen (zie 2.5). Het aantal trials dat correct moet worden uitgevoerd wordt hierbij op 3 gezet, zodat dit als een oefening kan dienen.

Start : Voert één blok van het experiment uit met de huidige instellingen (zie 2.5). Het aantal trials dat correct moet worden uitgevoerd is hierbij 150, zodat dit werkelijk één van de drie blokken uit een sessie kan zijn.

View Results : Toont (indien er een bestand van bestaat) de bewegingen die gemaakt zijn tijdens het blok met de huidige instellingen (subject, sessie, D/W). De verdraaiing van de draaiknop wordt uitgezet tegen de tijd. Er zijn geen eenheden op de assen gegeven. Door het indrukken van de spatiebalk wordt de volgende trial getoond. 'Escape' in plaats van de spatiebalk resulteert in directe terugkeer naar de menu-balk. Normaal wordt er pas teruggekeerd naar de menu-balk op het moment dat alle trials bekeken zijn.

Quit : Er verschijnt geen menu, maar de demo wordt direct verlaten.

Help : Er verschijnt geen menu, maar een tekst midden op het beeldscherm, die geen hulp geeft. Men kan terugkeren naar de menu-balk door op de spatiebalk te drukken.

2.5 Het experiment

Op het beeldscherm verschijnen de witte omlijnings van 10 mogelijke targets. Deze zullen gedurende het hele blok zichtbaar blijven. Elke trial begint met een rustperiode van 1 à 3 seconden. Dan wordt er een piepton hoorbaar. Gedurende deze piepton overtuig je jezelf ervan dat je voldoende geconcentreerd bent voor het verrichten van de taak. Als dit het geval is, druk je met je voorkeurshand de driehoekige drukknop in, waardoor de piepton eindigt, de cursor in het midden van het scherm verschijnt en één van de targets rood oplicht. Je verplaatst vervolgens de cursor over de horizontale as naar dat target door met je voorkeurshand aan de draaiknop te draaien. Als de cursor op het target is aangekomen, beëindig je de trial door met je andere hand de spatiebalk in te drukken. Dit aanwijzen doe je **zo snel mogelijk, probeer daarbij echter zo weinig mogelijk fouten te maken**. Je krijgt auditieve feedback over je prestatie in elke

trial: een blij drietoontje als de cursor inderdaad op het target geëindigd is en een enkel lager toontje als dat niet gelukt is. Hierna begint de volgende trial. 'Escape' in plaats van de spatiebalk resulteert in directe terugkeer naar de menu-balk. Normaal wordt er pas teruggekeerd naar de menu-balk op het moment dat het aantal vereiste correct uitgevoerde trials (150) bereikt is.

3. Software-documentatie

3.1 Programma-structuur

De source code van MENU1D2D.EXE is verdeeld over het Program-bestand MENU1D2D.PAS en een aantal verschillende units, te weten :

ADI.PAS *	KEYSCAN.PAS	SELECT.PAS
BUTTON.PAS	MOD7066.PAS *	SETSTAT.PAS *
DECLARE.PAS	PCR_SUP.TPU *	TIMER.PAS
DOFILES.PAS	PICTURE.PAS *	TRACK.PAS
GRAPHICS.PAS	PLOTCURV.PAS	
IMAGES.PAS *	RADIO.PAS *	

De units die met een * gemerkt zijn niet door mijzelf geschreven. IMAGES, PICTURE, RADIO en SETSTAT zijn overgenomen uit de radio-demo, gedocumenteerd in [Old92]. PCR_SUP.TPU is een unit die bij de PCRradio-kaart geleverd is (zie ook [Old92]). ADI.PAS bevat standaard RTI-software, die bij de RTI-815 I/O-kaart is geleverd. MOD7066.PAS is een op het NatLab geschreven unit voor bij de LS7066 counterchip kaart.

- BUTTON.PAS :** Bevat alle functies en procedures die nodig zijn om met de draaiknop te communiceren via de LS7066 en RTI-815 kaarten. Hiertoe wordt MOD7066 gebruikt en ADI.PAS geïnclude.
- DECLARE.PAS :** Bevat alle globale constanten, types en variabelen die niet specifiek bij één unit horen.
- DOFILES.PAS :** Bevat alle procedures die iets te maken hebben met het creëren van, openen en lezen uit tekst-bestanden.
- GRAPHICS.PAS :** Bevat een aantal procedures die grafische operaties uitvoeren.
- KEYSCAN.PAS :** Bevat verschillende functies en procedures om invoer van het toetsenbord af te handelen.
- MENU1D2D.PAS :** Bevat het hoofdprogramma (van waaruit opdrachten worden uitgevoerd door procedures uit de andere units aan te roepen) en de procedures die het hoofdscherm afhandelen.
- PLOTCURV.PAS :** Bevat de procedures PlotCurves, waarmee de gebruiker naar de bewegingspatronen kan kijken.
- SELECT.PAS :** Bevat alle procedures waarmee een selectie van de menu's en items gemaakt kan worden.
- TIMER.PAS :** Bevat procedures en functies om de timer van de PC sneller te

laten lopen, zodat de resolutie in het tijd-domein verhoogd wordt.

TRACK.PAS : Bevat alle procedures die nodig zijn om het experiment te draaien.

In het hoofdprogramma (the main program in MENU1D2D.PAS) wordt eerst alles geïnitieerd en het hoofdscherm opgebouwd. Vervolgens wordt de procedure SelectMenu herhaald (en de daarmee gegeven opdracht uitgevoerd) totdat het menu 'Quit' is geselecteerd. Dan wordt alles netjes gesloten en het programma beëindigd.

De opdracht die gegeven wordt door middel van het selecteren van een menu kan bestaan uit het direct uitvoeren van een procedure of het tonen van een menu en een keuze daaruit laten maken. In dit laatste geval worden achtereenvolgens de procedures ShowMenu, SelectAnItem, CloseMenu en ExecuteSelectedItem uitgevoerd.

Het momenteel geselecteerde menu en het momenteel geselecteerde item op elk menu worden bijgehouden in de variabelen MenuNr en ItemNr[MenuNr], die zich bevinden in de unit DECLARE.PAS.

3.2 Tips voor toevoegingen / wijzigingen

Compileren :

Eerst de editor van Borland Pascal 7.0 opstarten door 'turbo' te typen op de DOS command-line (turbo.exe bevindt zich in C:\BP\BIN). Vervolgens onder het menu 'Compile' de 'primary file' op menu1d2d.pas zetten. Met Ctrl-F9 kan het programma nu gestart worden.

Het kan voorkomen dat de fout 'Out of Memory' optreedt, of dat om dezelfde reden geen nieuw lettertype meer geladen kan worden als men uit de radio demo terugkeert. In beide gevallen dient een executable gemaakt te worden, de editor verlaten te worden en MENU1D2D.EXE vanaf de command-line opgestart te worden. Het maken van een executable gebeurt door in het 'Compile'-menu de optie 'Build' te selecteren met 'Destination' op 'Disk' i.p.v. 'Memory'.

Menu's en items :

Als men iets in de menu's of items wil veranderen, zijn de volgende delen van de source-files belangrijk :

DECLARE.PAS : De constante NrMenus definieert het aantal menu's.
MaxNrItems definieert het maximale aantal items op één menu. Het array MenuWidth definieert de breedte van elk menu. Het array NrItems definieert het aantal items van elk menu.

MENU1D2D.PAS : In ExecuteSelectedItem wordt de juiste procedure aangeroepen bij het momenteel geselecteerde item. In de REPEAT UNTIL loop van het hoofdprogramma wordt bepaald bij welke menu-header ook daadwerkelijk een menu verschijnt, welke info geeft, welke hulp geeft en welke het programma doet verlaten.

SELECT.PAS : In de procedures ShowMenuHeaderText en ShowMenuItemText worden de teksten, die als menu-header resp. item-tekst getoond worden, gedefinieerd.

Experiment :

Als de opzet van het experiment veranderd moet worden, zijn de volgende delen van de source-file TRACK.PAS belangrijk :

De constante *MinWidthOfTargets* geeft een ondergrens aan voor de breedte van de targets.

In de procedure *TrackInit* worden de experiment-variabelen gedefinieerd :

NrTargets is het aantal targets dat telkens in beeld is. Y1 en Y2 geven de boven- en ondergrens van de targets aan. IsoId is een Boolean variabele die bepaalt of de targets dezelfde breedte (IsoId=FALSE) of dezelfde Index of Difficulty (IsoId=TRUE) hebben. NrTrials is het aantal trials dat per blok correct moet worden uitgevoerd. Verder worden hier ook de default waardes voor Id (of Width als IsoId=FALSE), SubjectNr en SessionNr bepaald.

In de procedure *AllowSelection* wordt de beweging met de draaiknop vertaald in een beweging van de cursor. Deze beweging wordt tevens gesampled in de Pos en Tim arrays, die respectievelijk de positie van de draaiknop (in sensorstappen) en de tijd van het sample (in 1/3200 sec) onthouden.

In de procedures *InitOutFile* en *SavePattern* is het formaat waarin het uitvoerbestand de trialdata bevat en de directory waarin het wordt opgeslagen bepaald.

In de procedure *DoTrack* wordt één volledig blok van het experiment uitgevoerd. MinDelay bepaald de ondergrens voor de pauze tussen twee trials, MaxDelay de bovengrens. Pos en Tim worden weggeschreven doordat SavePattern hier wordt aangeroepen.

In de procedure *DoPractice* wordt NrTrials even op drie gezet. Vervolgens wordt DoTrack aangeroepen en naderhand wordt NrTrials weer teruggezet op de default waarde.

4. Verwijzingen

- [Mad94] Rudi van der Made (1994). Predicting the endpoint of a manual pointing movement, aimed at a visible target. IPO-rapport no. 966.
- [Old92] R.J.C. Olders (1992). Draaiknop met tactiele feedback: de radio demo. IPO-rapport no. 883.

Bijlage II

Analyse van het experiment 'movement endpoint prediction'. Software-documentatie.

Rudi van der Made
Instituut voor Perceptie Onderzoek (IPO)
15 maart 1994

Inhoudsopgave

1. Inleiding	35
2. TotalAnalyses	35
2.1 Programma-structuur	35
2.2 Tips bij wijzigingen	35
3. AverageAnalyses	36
3.1 Programma-structuur	36
3.2 Tips bij wijzigingen	36
4. Verwijzingen	36

1. Inleiding

Dit rapport bevat de documentatie van de software waarmee de data van het experiment 'movement endpoint prediction' (zie [Mad94]) geanalyseerd is. Dit is te scheiden in twee delen : het programma TotalAnalyses waarmee voor elke trial uit de ruwe data een aantal bewegingsparameters berekend zijn en het programma AverageAnalyses waarmee de gemiddelden van deze parameters over verschillende groepen van trials te berekenen zijn.

2. TotalAnalyses

TOTALANA.EXE is het programma TotalAnalyses.

2.1 Programma-structuur

De source code van TOTALANA.EXE is verdeeld over het PROGRAM-bestand (TOTALANA.PAS) en een aantal verschillende units, te weten :

DECLARE.PAS , FILEHAND.PAS , MATH.PAS EN FILTERS.PAS.

DECLARE.PAS : Bevat de declaratie van het globale type FixedArray.

FILEHAND.PAS : Bevat een aantal procedures om tekstbestanden te creëren, te openen en er uit te lezen.

MATH.PAS : Bevat een viertal wiskundige functies.

FILTERS.PAS : Bevat de implementatie van drie digitale filters.

TOTALANA.PAS : Behandelt alle bestanden met de ruwe data van telkens één blok van het experiment als volgt :

Eén trial wordt ingelezen, hierop wordt uniforme subsampling toegepast. Het resultaat hiervan wordt enkele malen laagdoorlaat gefilterd en/of gedifferentieerd, zodat er gefilterde versies van de verplaatsing (X), snelheid (V) en versnelling (A) verkregen zijn. Met behulp hiervan worden een aantal bewegings-parameters bepaald en bewaard in het parameterbestand. Vervolgens wordt de volgende trial ingelezen en het hele proces weer herhaald, totdat alle trials uit het bestand met ruwe data op deze manier geanalyseerd zijn.

2.2 Tips bij wijzigingen

De instellingen van de filters kunnen gewijzigd worden in de procedure PerformAnalyses in TOTALANA.PAS.

Het algoritme om het werkelijke begin van de beweging te vinden kan aangepast worden in de functie StartOfMovement in TOTALANA.PAS.

Het toevoegen of weglaten van parameters moet geschieden in de procedure

AnalyseThisMovement in TOTALANA.PAS. Het is raadzaam om dan ook de header van het parameter-bestand in het hoofdprogramma te wijzigen.

3. AverageAnalyses

AVERAGES.EXE is het programma AverageAnalyses.

3.1 Programma-structuur

De source code van AVERAGES.EXE is verdeeld over het PROGRAM-bestand (AVERAGES.PAS) en twee units : FILEHAND.PAS en MATH.PAS.

AVERAGES.PAS : Bepaalt per target het gemiddelde en de standaard deviatie van de bewegingsparameters van een groep van trials. De exacte samenstelling van die groep wordt bepaald door het definiëren van de subjects en de sessies die meegenomen moeten worden en het wel of niet uitsluiten van de missers. De gemiddelden en standaard deviaties van de parameters worden naar één gemiddelden-bestand geschreven, samen met enkele karakteristieke kenmerken van elk target.

FILEHAND.PAS : Bevat een aantal procedures om tekstbestanden te creëren, te openen en er uit te lezen.

MATH.PAS : Bevat een viertal wiskundige functies.

3.2 Tips bij wijzigingen

Om de missers (trials waarbij de beweging niet op het target eindigt) wel mee te laten rekenen bij bepaling van de gemiddelden, dient in de procedure ContinueAnalyses de aangegeven regel er uit geccommentarieerd te worden. De extensie van de bestandsnaam aan het begin van het hoofdprogramma dient dan ook .ALL te worden in plaats van .HIT.

Om de groep waarover gemiddeld wordt te veranderen, dienen de eerste 'FOR SubjectNr:=1 TO 9' en 'FOR SessionNr:=1 TO 4' loops beperkt te worden tot de gewenste groep. Hierbij dient de bestandsnaam aan het begin van het hoofdprogramma aangepast te worden, zodat hij de groep beschrijft. Als de gewenste groep twee niet-opeenvolgende groepen van subjects beslaat, kan de tweede 'FOR SubjectNr:=...' loop gebruikt worden om deze groep samen te stellen.

4. Verwijzingen

[Mad94] Rudi van der Made (1994). Predicting the endpoint of a manual pointing movement, aimed at a visible target. IPO-rapport no. 966.

Bijlage III

Overzicht van het formaat waarin de ruwe data, de parameters en de gemiddelden van het experiment 'movement endpoint-prediction' opgeslagen zijn.

Rudi van der Made
Instituut voor Perceptie Onderzoek (IPO)
15 maart 1994

Inhoudsopgave

1. Inleiding	39
2. De ruwe data.	39
3. De parameter bestanden	40
4. De gemiddelden bestanden	41
5. Verwijzingen	42

1. Inleiding

Dit rapportje geeft een overzicht van het formaat waarin de ruwe data, de parameters en de gemiddelden van het experiment 'movement endpoint-prediction' opgeslagen zijn. Het betreft hier de data van het experiment dat ik heb uitgevoerd zoals dat beschreven is [Mad94.1]., met de software die in [Mad94.2] gedocumenteerd is. De software waarmee de ruwe data bewerkt en verwerkt is, is gedocumenteerd in [Mad94.3].

2. De ruwe data.

Het experiment is uitgevoerd met 9 proefpersonen (subjects). Elke proefpersoon heeft 4 sessies gedaan. Elke sessie bestond uit 3 blokken, met ieder een vaste waarde van D/W (conditie 2, 4 of 8). Van elk blok bestaat één bestand met de ruwe data. De naam van dit bestand is samengesteld uit het subject-nummer, het sessie-nummer en de conditie. Bijvoorbeeld:

Proefpersoon 1, sessie 3, het blok waarin D/W=4. Bestandsnaam is S01S3C4.DAT

Proefpersoon 7, sessie 1, het blok waarin D/W=8. Bestandsnaam is S07S1C8.DAT

Proefpersoon 2, sessie 2, het blok waarin D/W=2. Bestandsnaam is S02S2C2.DAT

De extensie .DAT geeft aan dat het hier de ruwe data betreft.

Elk bestand met ruwe data begint met een **header**, bijvoorbeeld:

Number of targets = 10

All targets have the same Index of Difficulty : 2.000

Number of trials is 150

In dit geval waren dus 10 mogelijke targets op het scherm zichtbaar (dit aantal was constant gedurende het hele experiment). D/W was voor elk mogelijk target in dit blok 2 en het blok duurde totdat 150 trials correct waren uitgevoerd.

Vervolgens is in het bestand de bewegings-informatie van **alle** trials uit het blok (in de volgorde waarin ze verricht zijn) opgeslagen, dus ook van de missers. Deze bewegings-informatie bestaat telkens uit :

Target number = ?

<i>X[1]</i>	<i>T[1]</i>
<i>X[2]</i>	<i>T[2]</i>
<i>X[3]</i>	<i>T[3]</i>
<i>.</i>	<i>.</i>
<i>.</i>	<i>.</i>
<i>X[N]</i>	<i>T[N]</i>

Right Target (Not) Hit

Hierbij staat op de plaats van het vraagteken het target-nummer (van 1 tot 10 genummerd van links naar rechts op het scherm). $X[n]$ is de positie van de draaiknop op tijdstip $T[n]$. De startpositie was 0 op tijdstip 0. X is uitgedrukt in sensorstappen, dus in eenheden van **0.72 graden**. Bewegingen tegen de klok in (naar links op het scherm) worden hierbij als negatief gerekend. T is uitgedrukt in eenheden van **1/3200 seconde**. N is het aantal samples van deze trial. Als $X[N]$ binnen de target-grenzen valt, is het een correcte trial en komt er dus *Right Target Hit* te staan. Zo niet, dan komt er *Right Target Not Hit* te staan. Elk bestand bestaat dus uit tenminste 150 van deze representaties achter elkaar.

3. De parameter bestanden

Bij elk bestand met de ruwe data van één blok is een bestand gemaakt met daarin van elke trial de bewegingsparameters. De naam van zo'n parameter-bestand is telkens dezelfde als het ruwe data-bestand, alleen de extensie .DAT is vervangen door .PAR .

Elk bestand met parameters begint met de header:

TN EPoi TTime T0 MTime Amax Tamax Vamax Vmax T0max Xvmax

De betekenis van deze namen is:

<i>TN</i>	=	Target nummer (van 1 tot 10 genummerd van links naar rechts op het scherm)
<i>EPoi</i>	=	Eindpunt van de beweging (in sensorstappen, dus in eenheden van 0.72 graden)
<i>TTime</i>	=	Totale tijd dat de trial duurt (in seconden)
<i>T0</i>	=	Tijd waarop de beweging begint (in seconden)
<i>MTime</i>	=	Bewegingstijd (in seconden)
<i>Amax</i>	=	Eerste piek in de versnelling (in eenheden van 16200 graden/sec ²)
<i>Tamax</i>	=	Tijdstip waarop <i>Amax</i> plaats heeft (in seconden)
<i>Vamax</i>	=	Snelheid op het tijdstip <i>Tamax</i> (in eenheden van

		108 graden/sec)
Vmax	=	Eerste piek in de snelheid (in eenheden van 108 graden/sec)
Tvmax	=	Tijdstip waarop Vmax plaats heeft (in seconden)
Xvmax	=	Verplaatsing op het tijdstip Tvmax (in sensorstappen, dus in eenheden van 0.72 graden)

Deze parameters zijn berekend op de manier die in [Mad94.1] beschreven is, met de software die in [Mad94.3] gedocumenteerd is.

Vervolgens zijn van **alle** opeenvolgende trials (dus ook de missers) de berekende waarde van deze parameters gegeven, telkens op één regel, waarin de volgorde van de header gehanteerd is.

Elk bestand bestaat dus uit tenminste 150 regels met elk 11 parameters.

4. De gemiddelden bestanden

Met behulp van de software beschreven in [Mad94.3] zijn (nadat bij alle ruwe data bestanden parameter bestanden gemaakt waren) per target de gemiddelden van de parameters bepaald over diverse groepen van trials. De namen van de bestanden waarin deze gemiddelden zijn opgeslagen geven aan over welke groep er gemiddeld is. De extensie geeft aan of alleen de treffers (.HIT) zijn meegenomen in de middeling of ook de missers (.ALL). Voorbeelden van bestandsnamen zijn :

TOTAAL.ALL	:	Bevat per target de gemiddelden van de parameters over alle trials van alle sessies van alle proefpersonen.
SESSIE2.HIT	:	Bevat per target de gemiddelden van de parameters over de treffers van sessie 2 van alle proefpersonen.
LINKS.ALL	:	Bevat per target de gemiddelden van de parameters over alle trials van alle sessies van alle linkshandige proefpersonen.
SUBJECT7.HIT	:	Bevat per target de gemiddelden van de parameters over de treffers van alle sessies van proefpersoon 7.

Elk bestand met gemiddelden begint met de header:

C T N D W RT MT EndPoint Amax Tamax Vamax Vmax Tvmax Xvmax

De betekenis van deze namen is:

C	:	Conditie (D/W), kan dus 2, 4 of 8 zijn.
T	:	Target nummer, kan 1 t/m 10 zijn.
N	:	Aantal trials waarover voor dit target gemiddeld is.
D	:	Afstand van de beginpositie tot het middelpunt van het target, uitgedrukt in sensorstappen, dus eenheden van 0.72 graden.
W	:	Breedte van het target, uitgedrukt in sensorstappen, dus eenheden van 0.72 graden.
RT	:	'Reaction Time', tijd tot het begin van de beweging (T0

genoemd in 3) in seconden.
MT : 'Movement Time', bewegingstijd in seconden.
EndPoint : Eindpunt van de beweging, uitgedrukt in sensorstappen, dus
 eenheden van 0.72 graden.

De betekenis van de overige 6 parameter-namen komt overeen met die in hoofdstuk 3.

De rest van het bestand bevat telkens voor alle 30 targets de gemiddelden van al deze parameters, met voor de parameters RT, MT, EndPoint, Amax, Tamax, Vamax, Vmax, Tvmax en Xvmax ook (direct na het gemiddelde) de standaard deviatie gegeven. Het bestand bestaat dus uit de header en 3 groepen van elk 10 regels.

5. Verwijzingen

- [Mad94.1] Rudi van der Made (1994). Predicting the endpoint of a manual pointing movement, aimed at a visible target. IPO-rapport no. 966.
- [Mad94.2] Rudi van der Made (1994). Demo-programma voor de één-dimensionale draaiknop met krachtterugkoppeling (incl. experiment). Gebruikershandleiding en software-documentatie. IPO-rapport no. 966, Bijlage I.
- [Mad94.3] Rudi van der Made (1994). Analyse van het experiment 'movement endpoint-prediction'. Software-documentatie. IPO-rapport no. 966, Bijlage II.