



Klausur, 17.2.2020, 9:00-10:30

Prof. Matthias Teschner, Prof. Thomas Brox

Vorname:

First name

Nachname:

Last name

Matrikelnummer:

Matriculation number

Studiengang:

Study program:

Durch den Antritt dieser Prüfung erklären Sie sich für prüfungsfähig. Sollten Sie sich während der Prüfung nicht prüfungsfähig fühlen, können Sie aus gesundheitlichen Gründen auch während der Prüfung von dieser zurücktreten. Gemäß der Prüfungsordnungen sind Sie verpflichtet, die für den Rücktritt oder das Versäumnis geltend gemachten Gründe unverzüglich (innerhalb von 3 Tagen) dem Prüfungsamt durch ein Attest mit der Angabe der Symptome schriftlich anzugeben und glaubhaft zu machen. Weitere Informationen hierzu können auf den Internetseiten des Prüfungsamtes nachgelesen werden.

By taking part in this exam you agree that there are no health reasons that hinder you taking part in the exam. Should you feel that you have health problems during the exam, you may abort this exam. In such a case you must provide an official medical certificate by a doctor including the symptoms within 3 days. More details can be obtained at the examination office.

Unterschrift des Studenten:

Student signature

Punktzahl:

Score

Note:

Grade

Einsicht am:

Unterschriften der Prüfer:

Bitte sorgfältig lesen bevor Sie beginnen:

Zur Lösung der Klausur sind nur ein Stift und die leeren Seiten Papier, die wir Ihnen zur Verfügung stellen, notwendig. Sie dürfen keinerlei zusätzliches Material verwenden. Sie dürfen keine Handys oder sonstigen technischen Geräte am Körper tragen. Bei einem Täuschungsversuch wird die Prüfungsleistung mit "nicht ausreichend" (5,0) bewertet. Bereits der Besitz unzulässiger Hilfsmittel zählt als Täuschungsversuch.

Schreiben Sie bitte sofort Ihren Namen auf jedes Blatt. Dies ist zu Ihrer eigenen Sicherheit. Sollte ein Blatt separiert werden und Ihr Name fehlt darauf, können Sie für dieses Blatt keine Punkte bekommen.

Die Klausur besteht aus Blöcken mit Aussagen, die oft in einem thematischen Zusammenhang stehen. Jede Aussage kann entweder wahr (true) oder falsch (false) sein, und Sie müssen eine der beiden Möglichkeiten klar markieren. Sollten Sie eine Markierung nachträglich ändern wollen, stellen Sie bitte sicher, dass die endgültige Markierung vollkommen klar ersichtlich ist. Im Zweifelsfall wird die Antwort so gewertet, als hätten Sie keine Antwort markiert.

Jede richtige Antwort zählt 2 Punkte. Für jede falsche Antwort erhalten Sie keine Punkte. Wenn Sie eine Frage gar nicht beantworten, erhalten Sie 1 Punkt. Wenn Sie nicht wissen, welche Antwort richtig ist, sind Sie also nicht gezwungen zu raten, sondern können die Frage einfach offen lassen ohne dadurch Nachteile zu erleiden. Wenn Sie sich nur nicht ganz sicher sind, ist es im Mittel vorteilhaft, die Antwort zu markieren, von der Sie denken, dass sie richtig ist.

Lesen Sie alle Aussagen genau durch bevor Sie sich für eine Antwort entscheiden. Sie haben insgesamt 90 Minuten Zeit.

Viel Erfolg!

Read this carefully before you start:

You are not allowed to use any additional material except for a pen and the extra sheets of paper we provide. You must not carry a mobile phone or any other technical equipment. Any attempt to cheat will result in the grade "failed" (5.0). This already includes the possession of forbidden material.

Please immediately write your name on each sheet. This is for your own good. If a sheet of paper gets separated and your name is missing, you cannot receive points from this sheet.

The exam consists of blocks with statements that are sometimes related. Each statement can be either true or false and you must clearly mark one of the two choices. If you have to correct your choice, make sure that your final choice is absolutely clear. In any case of doubt, your answer will be counted as if you did not give an answer.

Every correct answer counts 2 points. For a wrong answer you do not receive any points. If you choose not to answer a question at all, you receive 1 point. This allows you to just not answer questions if you do not know the answer rather than being forced to guess. If you are just not completely sure, it is on average advantageous to mark the answer that you think is right.

Read all statements carefully before you decide. You have 90 minutes to finish the exam.

Good luck!

Motion estimation

Betrachten wir das Horn-Schunck Verfahren. Im Nenner der SOR-Iterationsgleichung kommen Werte des aktuell geschätzten optischen Flusses der Nachbarpixel vor.
Consider the Horn-Schunck method. In the denominator of the SOR update equation there are values of the current optical flow estimate at neighboring pixels.

Wenn beim Lucas-Kanade Verfahren die Nachbarschaft eines Pixels nur Gradienten einer Richtung enthält, gibt es für den optischen Fluss an dieser Stelle eine eindeutige Lösung.
If in the Lucas-Kanade method the neighborhood around one pixel has gradients that point all in the same direction, the solution for the optical flow at this point is unique.

Variational methods

$$E(u) = \int \sqrt{(I - u)^2 + \alpha |\nabla u|^2} dx dy$$

Berechnen Sie die Gateaux Ableitung um zu entscheiden, welche der untenstehenden Antworten richtig ist. u und I sind Funktionen in x und y , α ist ein Skalar, Indizes bezeichnen partielle Ableitungen, $\Delta u = u_{xx} + u_{yy}$ und $\nabla u = (u_x, u_y)^\top$. Vernachlässigen Sie die Terme mit den Randbedingungen.

Compute the Gateaux derivative to decide which of the answers are right. u and I are functions in x and y , α is a scalar, subscripts denote partial derivatives, $\Delta u = u_{xx} + u_{yy}$, and $\nabla u = (u_x, u_y)^\top$. Ignore the terms with the boundary conditions.

Die Gateaux Ableitung von $E(u)$ ist

The Gateaux derivative of $E(u)$ is

$$\int \sqrt{2(I - u)^2 h - \alpha(u_{xx} + u_{yy})h} dx dy$$

Die Gateaux Ableitung von $E(u)$ ist

The Gateaux derivative of $E(u)$ is

$$\int \frac{(u - I)h}{|I - u|} + 2\alpha(u_x h_x + u_y h_y) dx dy$$

Die Gateaux Ableitung von $E(u)$ ist

The Gateaux derivative of $E(u)$ is

$$\int \frac{(u - I)h}{|u - I|} - 2\alpha(u_{xx} + u_{yy})h dx dy$$

Die Euler-Lagrange-Gleichung von $E(u)$ ist

The Euler-Lagrange equation of $E(u)$ is

$$\frac{|I - u|}{2|I - u|^2} - \alpha \Delta u = 0$$

Die natürlichen Randbedingungen von $E(u)$ entsprechen Neumann Randbedingungen.

The natural boundary conditions of $E(u)$ coincide with Neumann boundary conditions.

true false

Object recognition and deep learning

true false

Precision bezeichnet die Anzahl der richtigen Detektionen dividiert durch die Anzahl der zu detektierenden Objekte im Datensatz.

Precision is the number of correct detections divided by the number of objects to be detected in the dataset.

In einem Convolutional Network teilen sich die Einheiten (Neurone) für verschiedene Positionen im Bild die gleichen Parameter (Gewichte).

In a convolutional network, the units (neurons) for different locations in the image share the same parameters (weights).

Zum Trainieren eines tiefen Netzwerks braucht man nur einen Backward-Pass. Zur Laufzeit braucht man nur einen Forward-Pass.

For training a deep network, only a backward pass is necessary. At runtime, only a forward pass is necessary.

Die Merkmalskarten in tieferen Schichten (näher am Output) eines Convolutional Network müssen immer die gleiche oder eine kleinere Auflösung haben als die Vorgängerschicht.

Features maps of deeper (closer to the output) layers in a convolutional network must have always the same or a smaller resolution than the previous layer.

true false

Miscellaneous

true false

Der Graph-Cut Algorithmus minimiert die Energie eines Zweiregionenmodells zur Segmentierung.

The graph cut algorithm minimizes the energy of a two-region segmentation model.

Die Faltung (convolution) ist eine lineare Operation. Convolutional Networks sind dennoch keine lineare Funktionsapproximatoren.

Convolutions are linear operations. Still, convolutional networks are not linear function approximators.

true false

Um die Tiefe eines Oberflächenpunkts aus zwei Ansichten zu rekonstruieren, müssen die Kamerazentren relativ zueinander verschoben sein.

To reconstruct the depth of a surface point from two views, the two camera centers must be translated relative to each other.

true false

Der Eigenvektor zum größten Eigenwert des Strukturtensors entspricht der dominanten Gradientenorientierung in der lokalen Nachbarschaft.

The eigenvector to the largest eigenvalue of the structure tensor shows the dominant gradient orientation in the local neighborhood.

true false

Convexity

true false

Die Funktion $f(x) = 1 - \exp(-x^2)$ ist keine konvexe Funktion.

The function $f(x) = 1 - \exp(-x^2)$ is not a convex function.

true false

Wenn eine Funktion ein globales Minimum besitzt, ist sie nicht unbedingt konvex.

If a function has a unique global minimum, it is not necessarily a convex function.

true false

Grids and linear solvers

Unidirektionale Multigrid Verfahren berechnen jede Iteration entlang einer Koordinatenachse.
Unidirectional multigrid methods compute each iteration along one coordinate axis.

true false

-

Der Relaxationsparameter ω des SOR Verfahrens bildet den Präkonditionierer für das Conjugate-Gradient-Verfahren.

The relaxation parameter ω in the SOR method serves as preconditioner for the Conjugate Gradient method.

-

Das Jacobi Verfahren ist ein in-place Verfahren, das die Systemmatrix in den Diagonalteil und den nichtdiagonalen Teil zerlegt. Der nichtdiagonale Teil wird nochmals in eine obere und untere Triangulärmatrix zerlegt.

The Jacobi method is an in-place method based on decomposing the system matrix into a diagonal part and a non-diagonal part. The non-diagonal part is again split into an upper and lower triangular matrix.

-

Eine Diskretisierung wird als konsistent bezeichnet, wenn der Approximationsfehler von der Gittergröße abhängig ist.

A discretization is called consistent if the approximation error depends on the grid size.

-

Programming

```
void someFilter(CMatrix<float>& aMatrix, float aSigma) {
    CVector<float> aVals1(aMatrix.xSize());
    CVector<float> aVals2(aMatrix.xSize());
    float aAlpha = 2.5/(sqrt(NMath::Pi)*aSigma);
    float aExp = exp(-aAlpha);
    float aExpSqr = aExp*aExp;
    float a2Exp = 2.0*aExp;
    float k = (1.0-aExp)*(1.0-aExp)/(1.0+2.0*aAlpha*aExp-aExpSqr);
    float aPreMinus = aExp*(aAlpha-1.0);
    float aPrePlus = aExp*(aAlpha+1.0);
    for (int y = 0; y < aMatrix.ySize(); y++) {
        aVals1(0) = (0.5f-k*aPreMinus)*aMatrix(0,y);
        aVals1(1) = k*(aMatrix(1,y)+aPreMinus*aMatrix(0,y))+(a2Exp-aExpSqr)*aVals1(0);
        for (int x = 2; x < aMatrix.xSize(); x++)
            aVals1(x) = k*(aMatrix(x,y)+aPreMinus*aMatrix(x-1,y))
                +a2Exp*aVals1(x-1)-aExpSqr*aVals1(x-2);
        aVals2(aMatrix.xSize()-1) = (0.5f+k*aPreMinus)*aMatrix(aMatrix.xSize()-1,y);
        aVals2(aMatrix.xSize()-2) = k*((aPrePlus-aExpSqr)*aMatrix(aMatrix.xSize()-1,y)
            +(a2Exp-aExpSqr)*aVals2(aMatrix.xSize()-1));
        for (int x = aMatrix.xSize()-3; x >= 0; x--)
            aVals2(x) = k*(aPrePlus*aMatrix(x+1,y)-aExpSqr*aMatrix(x+2,y))
                +a2Exp*aVals2(x+1)-aExpSqr*aVals2(x+2);
        for (int x = 0; x < aMatrix.xSize(); x++)
            aMatrix(x,y) = aVals1(x)+aVals2(x);
    }
}
```

Konzentrieren Sie sich auf den Inhalt (nicht die Syntax) des Codes.

Focus on the content (not the syntax) of the code.

true false

-

Der Code implementiert keinen Ableitungsfilter in x-Richtung.
The code does not implement a derivative filter in x-direction.

true false

-

Der Code approximiert einen Gauss-Filter.
The code approximates a Gaussian filter.

true false

-

Wenn aSigma reduziert wird, wird das Bild glatter.
By decreasing aSigma, the image gets smoother.

true false

-

Der Code glättet das Bild aMatrix gleichmäßig in alle Richtungen.
The code smoothes the image aMatrix equally in all directions.

Name:

Matriculation Number / Matrikelnummer:

Name:

Matriculation Number / Matrikelnummer:

true/wahr false/falsch 4

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & t_x \\ 0 & 1 & 0 & t_y \\ 0 & 0 & 1 & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 2t_x \\ 0 & 1 & 0 & 3t_y \\ 0 & 0 & 1 & 4t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & -3t_x \\ 0 & 1 & 0 & -4t_y \\ 0 & 0 & 1 & -5t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix}$$

The matrix in homogeneous notation / Die Matrix in homogener Notation $S =$

$$\begin{pmatrix} 4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4 \end{pmatrix}$$

uniformly scales 3D points by a factor of 4 / skaliert 3D-Punkte
uniform mit einem Faktor von 4.

The specular reflection in the Phong illumination model depends on the viewer direction.

Im Phong-Beleuchtungsmodell ist die spekulare Reflexion von der Richtung des Betrachters abhaengig.

The 2D lines / Die 2D-Geraden $3 \cdot x + 5 \cdot y + 7 = 0$ and / und $6 \cdot x + 10 \cdot y + 14 = 0$ and / und $12 \cdot \sqrt{2} \cdot x + 20 \cdot \sqrt{2} \cdot y + 25 \cdot \sqrt{2} = 0$ are all parallel to each other / sind alle parallel zueinander.

The diffuse component in the Phong illumination model depends on the viewer direction and the surface normal.

Die diffuse Komponente im Phong-Beleuchtungsmodell haengt von der Richtung des Betrachters und der Oberflaechenormale ab.

Orthographic projections in the rendering pipeline are a combination of scale and translation.

Orthographische Projektionen sind in der Rendering Pipeline eine Kombination aus Skalierung und Translation.

$(x, y, z, w)^T$ with $w = 0$ are homogeneous coordinates of a 3D vector $(\frac{x}{w}, \frac{y}{w}, \frac{z}{w})^T$ in Cartesian coordinates.

$(x, y, z, w)^T$ mit $w = 0$ ist die homogene Notation eines kartesischen Vektors $(\frac{x}{w}, \frac{y}{w}, \frac{z}{w})^T$.

The depth test is performed in the fragment processing stage. It compares the depth value of an incoming fragment with the depth value that is stored in the framebuffer at the pixel position of the fragment.

Der Tiefentest wird waehrend der Verarbeitung der Fragmente durchgefuehrt. Er vergleicht den Tiefenwert eines Fragments mit dem Tiefenwert im Framebuffer an der Pixelposition des Fragments.

true/wahr false/falsch 4

A perspective projection characterizes a view volume, where the top and bottom plane are parallel.

Eine perspektische Projektion charakterisiert ein Sichtvolumen, bei dem Top- und Bottom-Ebene parallel liegen.

The model transform transforms from model/local space to global/world space. Die Modell-Transformation transformiert vom Modell- / lokalen Raum in das globale / Welt-Koordinatensystem.

The camera is always located at the origin of the view space.

Die Kamera befindet sich immer im Ursprung des View-Koordinatensystems.

In the rendering pipeline, perspective projections linearly map the x-, y- and z-components of a vertex from view space to clip space.

Perspektivische Projektionen fuhren in der Rendering Pipeline eine lineare Transformation der x-, y- und z-Komponenten eines Vertex vom View Space zum Clip Space durch.

In the rendering pipeline, it is possible to mix a fragment color with the current framebuffer color at the pixel position of the fragment.

Es ist in der Rendering Pipeline moeglich, die Farbe eines Fragments mit der aktuellen Framebuffer-Farbe an der Pixelposition des Fragments zu mischen.

Name:

Matriculation Number / Matrikelnummer:

Name:

Matriculation Number / Matrikelnummer:

true/wahr false/falsch 4

The rasterization stage in the rendering pipeline does not generate more than one fragment per pixel position.

Der Rasterisierungsprozess generiert maximal ein Fragment pro Pixelposition in der Rendering Pipeline.

$\mathbf{x}(t) = (1-t)^2 \mathbf{p}_0 + 2(1-t)t \mathbf{p}_1 + 2(1-t)t^2 \mathbf{p}_2 + t^3 \mathbf{p}_3$ with / mit $\mathbf{x}, \mathbf{p}_0, \mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2, \mathbf{p}_3 \in \mathbb{R}^3$ and / und $t \in [0, 1]$ is a cubic Bézier curve / ist eine kubische Bézier-Kurve.

The following curve $\mathbf{x}(t)$ is C^1 continuous. / Die folgende Kurve $\mathbf{x}(t)$ ist C^1 -stetig: $\mathbf{x}(t) = \begin{cases} (1+t^3, 0, 0)^T & 0 \leq t \leq 0.5 \\ (2+t^3, 0, 0)^T & 0.5 < t \leq 1 \end{cases}$

The Bernstein polynomials of degree 2 can be written in matrix form as / Die Bernstein-Polynome vom Grad 2 koennen in Matrixform geschrieben werden

$$\text{als } \begin{pmatrix} 1 & -2 & 1 \\ 0 & 2 & -2 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ t \\ t^2 \end{pmatrix}.$$

All points of a Bézier curve are located inside the convex hull formed by the control points of this curve.

Alle Punkte einer Bézier-Kurve liegen innerhalb der konvexen Huelle ihrer Kontrollpunkte.

In an SPH fluid solver, the pressure acceleration at particle i can be estimated with the following sum over adjacent particles j : $-\frac{1}{\rho_i} \nabla p_i = -\sum_j m_j \left(\frac{\rho_1}{\rho_i} + \frac{\rho_2}{\rho_j} \right) \nabla W_{ij}$.

Die Druckbeschleunigung am Partikel i kann in einem SPH-Fluidloeser durch die folgende Summe ueber Nachbarpartikel j ermittelt werden: $-\frac{1}{\rho_i} \nabla p_i = -\sum_j m_j \left(\frac{\rho_1}{\rho_i} + \frac{\rho_2}{\rho_j} \right) \nabla W_{ij}$.

Consider the transformation matrix/ Betrachten Sie die Transformationsmatrix $\mathbf{T} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & t_x \\ 4 & -2 & 0 & t_y \\ -3 & -2 & -2 & t_z \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$ in homogeneous notation / in homogener

Notation. If \mathbf{p} is the homogeneous notation of the Cartesian point (x, y, z) and $x+y+z+1 \neq 0$, then $\mathbf{T} \cdot \mathbf{p}$ is the homogeneous notation of the Cartesian point $\left(\frac{1}{x+y+z+1}(x+y+t_x), \frac{1}{x+y+z+1}(4x-2y+t_y), \frac{1}{x+y+z+1}(-3x-2y-2z+t_z) \right)$. / Wenn \mathbf{p} die homogene Notation des kartesischen Punkts (x, y, z) ist und $x+y+z+1 \neq 0$, dann ist $\mathbf{T} \cdot \mathbf{p}$ die homogene Notation des kartesischen Punkts $\left(\frac{1}{x+y+z+1}(x+y+t_x), \frac{1}{x+y+z+1}(4x-2y+t_y), \frac{1}{x+y+z+1}(-3x-2y-2z+t_z) \right)$.

true/wahr false/falsch 4

true/wahr false/falsch 4

All points $\mathbf{p}(b_1, b_2, b_3) = b_1 \mathbf{p}_1 + b_2 \mathbf{p}_2 + b_3 \mathbf{p}_3$ with $\mathbf{p}, \mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2, \mathbf{p}_3 \in \mathbb{R}^3$ and $\mathbf{p}_1 \neq \mathbf{p}_2$ and $b_1, b_2 \in \mathbb{R}$ and $b_1 + b_2 = 1$ and $b_3 = 0$ are located on a line through \mathbf{p}_1 and \mathbf{p}_2 .

Alle Punkte $\mathbf{p}(b_1, b_2, b_3) = b_1 \mathbf{p}_1 + b_2 \mathbf{p}_2 + b_3 \mathbf{p}_3$ mit $\mathbf{p}, \mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2, \mathbf{p}_3 \in \mathbb{R}^3$ und $\mathbf{p}_1 \neq \mathbf{p}_2$ und $b_1, b_2 \in \mathbb{R}$ und $b_1 + b_2 = 1$ und $b_3 = 0$ liegen auf einer Geraden durch \mathbf{p}_1 und \mathbf{p}_2 .

Consider a yellow surface with reflectance $\rho = (1, 1, 0)^T$ under green illumination $\mathbf{L}^{\text{light}} = (0, 1, 0)^T$. If the surface is matte, i.e. diffuse reflection, it does not reflect any light in this case.

Wir betrachten eine gelbe Flaeche mit der Farbe $\rho = (1, 1, 0)^T$ unter gruener Beleuchtung $\mathbf{L}^{\text{light}} = (0, 1, 0)^T$. Wenn die Oberflaeche matt ist (diffuse Reflexion), reflektiert sie in diesem Fall kein Licht.

Consider the term $\mathbf{L}^{\text{light}} \cdot (\mathbf{n} \cdot \mathbf{l}) \cdot \rho^{\text{white}} \cdot (\mathbf{r} \cdot \mathbf{v})^m$ with normalized directions $\mathbf{n}, \mathbf{l}, \mathbf{r}, \mathbf{v}$ for the computation of the specular reflection. The parameter m influences the maximum possible intensity of this reflection.

Wir betrachten den Term $\mathbf{L}^{\text{light}} \cdot (\mathbf{n} \cdot \mathbf{l}) \cdot \rho^{\text{white}} \cdot (\mathbf{r} \cdot \mathbf{v})^m$ mit normalisierten Richtungen $\mathbf{n}, \mathbf{l}, \mathbf{r}, \mathbf{v}$ zur Berechnung spekularer Reflexion. Der Parameter m beeinflusst die maximal moegliche Helligkeit der Reflexion.

Consider the matrix / Betrachten Sie die Matrix $\mathbf{R} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$. Matrix \mathbf{R}^T is the inverse of \mathbf{R} / ist die inverse Matrix von \mathbf{R} .

Consider a plane through point $(1, 2, 4)^T$ with surface normal $(-1, 0, 0)^T$. A ray with origin $(0, 0, 0)^T$ and direction $(1, 2, 3)^T$ intersects this plane at point $(2, 4, 6)^T$.

Eine Ebene durch den Punkt $(1, 2, 4)^T$ mit der Normale $(-1, 0, 0)^T$ wird durch einen Strahl mit Ursprung $(0, 0, 0)^T$ und Richtung $(1, 2, 3)^T$ im Punkt $(2, 4, 6)^T$ geschnitten.